Lane Medical Library

Aus der Strahlenabteilung der Universitätsfrauenklinik
München.

Der Einfluß physikalischer Forschungen auf das medizinische Forschen und Handeln.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Medizin
verfaßt
und der Hohen Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Rosa Schiffmann
in München.

München 1931.

Druck der Salesianischen Offizin.

Aus der Strahlenabteilung der Universitätsfrauenklinik
München.

Der Einfluß physikalischer Forschungen auf das medizinische Forschen und Handeln.

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Medizin
verfaßt
und der Hohen Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Rosa Schiffmann
in München.

München 1931.

Druck der Salesianischen Offizin.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153307_0103

Meinen lieben Eltern
in Verehrung und Dankbarkeit.

Literaturverzeichnis.

Auerbach F., Geschichtstafeln der Physik, Leipzig 1910.

Boruttau H., Lehrbuch der medizinischen Physik, Leipzig 1908.

Boruttau-Mann, Handbuch der gesamten medizinischen Anwendungen der Elektrizität.

Diepgen P., Deutsche Medizin vor 100 Jahren, Freiburg 1923.

Fischer O., Medizinische Physik.

Frankenhäuser F., Physikalische Heilkunde, Leipzig 1911.

Gerland E., Geschichte der Physik, München 1923.

Günther S., Geschichte der anorganischen Wissenschaften, Berlin 1901.

Honigmann G., Das Wesen der Heilkunde, Leipzig 1924.

Honigmann G., Geschichte der Entwicklung der Medizin, München 1925.

Hoppe E., Geschichte der Physik, Braunschweig 1926.

Laqueur A., Die Praxis der physikalischen Therapie, Berlin 1922.

Liek E., Der Arzt und seine Sendung, München 1926.

Müller F. K., Die Geschichte der organischen Naturwissenschaften im 19. Jahrhundert, Berlin 1902.

Neuburger N. und Pagel I., Handbuch der Geschichte der Medizin, Jena 1903.

Schwalbe E., Vorlesungen über Geschichte der Medizin, Jena 1920.

Sudhoff, Geschichte der Medizin.

Tobias E., Die Entwicklung der physikalischen Therapie in Wissenschaft und Praxis, Zeitschrift für ärztliche Fortbildung, Jena 1929.

Voltz Fr., Strahlenbehandlung der weiblichen Genitalkarzinome, Methoden und Ergebnisse, Berlin-Wien 1926.

Voltz Fr., Dosierungstafeln für die Röntgentherapie, München 1930.

Wetterer I., Handbuch der Röntgentherapie, Kempten 1928.

Wien W., Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft der Physik, München 1926.

Wöhlisch, 25 Jahre Röntgenforschung, Berlin 1922.

Physik und Medizin in ihren Uranfängen sind so alt wie die Menschheit; beide entstanden aus dem Kampf ums Leben: Der Mensch, in die Natur hineingestellt, war auf sie angewiesen, alles, was er zum Leben brauchte, mußte sie ihm bieten. Manchmal schenkte sie ihm ihre Gaben freundlich und im Überfluß, aber manchmal zerstörte sie ihm mit verheerend wirkenden Gewalten, Blitz, Feuer, Sturm, Wasserflut, Erdbeben die Werke seiner Hände, seine Wohnstätte und seine Habe. Einerseits fühlte der Urmensch die Natur als eine höhere Macht über sich walten, die er scheu verehrte, andererseits aber war er gezwungen, sich in ganz realer Weise mit den Kräften der Natur zu befassen, um durch die genaue Kenntnis ihrer Wirkungsweise sich derselben zu erwehren und auch um sich Vorteile zu verschaffen und seine eigenen Lebensverhältnisse sicherer und angenehmer zu gestalten. Aber auch wenn er das erreicht hatte, ließ ihn doch der angeborene Trieb nach Erkenntnis über das Erlebte nachdenken. Auch bei seiner eigenen Tätigkeit lernte er bald den Begriff von Ursache und Wirkung kennen, er ahnte, daß Gesetzmäßigkeiten in der Natur im großen und im kleinen herrschen müssen und in der geistigen Verarbeitung seiner Beobachtungen lag der Anfang zur Naturforschung.

Der Mensch konnte an dem Makrokosmos in guten und in bösen Tagen nicht vorbeigehen, um den Mikrokosmos seines Körpers aber kümmerte er sich erst dann, wenn eine Störung eintrat, wenn ihm durch äußere Gewalt ein Schaden zugefügt wurde, oder wenn er auf für ihn unerklärliche Weise erkrankte, Fieber oder Schmerz empfand, oder wenn er sah, wie das Leben eines anderen mit dem roten Blut, das aus einer Wunde floß, verrann oder nach langem Siechtum endigte. Auch hier zwang ihn die Not des Lebens Heilmittel

und Behandlungsweisen zu finden, um sich und seinem Mitmenschen zu helfen, wobei ihm ebenfalls die Erfahrung Lehrmeisterin war; und als seine Hilfsmittel gebrauchte er die Kräfte der Natur, Sonnenlicht, Luft, Wasser, die er, nur seinem einfachen Heilinstinkt folgend, zweckmäßig für seine Gesundheit ausnützte.

Mit den Anfängen von Physik und Medizin war auch schon ihre Aufgabe gegeben: Das Ziel der Physik war immer das gleiche, möglichst ausgebreitete und tiefgehende Kenntnis der gesamten Körperwelt; aber die Wege waren verschieden im Laufe der Zeiten und ebenso erhielt der konkrete Inhalt ganz verschieden weite oder enge Grenzen, worauf wir später noch näher eingehen werden. Die Aufgabe der Medizin blieb von den ersten Anfängen an bis in die modernste Zeit herein, den kranken Menschen zu heilen. Aus dem Gegenstand ihres Forschens, dem kranken menschlichen Organismus und dem Zweck ihres Handelns, die Wiederherstellung seiner normalen Funktionen, ergibt sich die Eigenart ihres Wesens. Während die Physik zur rein exakten Wissenschaft wurde, nimmt die Medizin auch heute noch eine ganz besondere Stellung ein. Wie Krehl bezeichnend sagt, ist der Arzt „nicht Gelehrter, nicht Künstler, nicht Techniker, sondern eben Arzt. Sein Schaffen hat mit dem von allen dreien vielerlei gemeinsam, aber es ist in den letzten Zielen ein völlig anderes, und es hat noch mehr, denn das Objekt seiner Tätigkeit ist der Mensch als Mensch."

Es ist erklärlich, daß die Medizin bei Lösung ihrer schwierigen Aufgaben sich auch von den Ergebnissen anderer Forschungsgebiete beeinflussen ließ, um für sich zu gewinnen. Und was war näherliegend als die Physik, die ihr von allen Wissenschaften am verwandtesten war und zu der sie immer wieder zurückkehrte, wenn sie die anderen Geisteswissenschaften unbefriedigt gelassen hatten.

Was das medizinische Forschen und Handeln von dem der Physik empfangen hat, soll im folgenden darzustellen versucht werden. Bei der Fülle der fast unerschöpflichen Ma-

terie kann im Rahmen dieser Arbeit oft nur auf die wichtigsten Punkte eingegangen werden. Und zwar soll das geschehen zunächst in einem historischen Überblick und dann noch ausführlicher in verschiedenen Einzelgebieten.

Da Hellas die Wiege der abendländischen Kultur und damit auch die erste Pflegestätte wissenschaftlicher Physik und Medizin war, und da unser modernes Wissen sich auf den Grundlagen aufbaut, die die Griechen geschaffen haben, so soll zuerst der Wissensinhalt der beiden Disziplinen bei den Griechen dargestellt werden.

Die Griechen waren einerseits gute Beobachter, die mit scharfen Sinnen alle Ereignisse in der sie umgebenden Natur verfolgten, andererseits waren sie die ersten, die eine Frage wissenschaftlich stellten, rein aus dem Trieb nach Erkenntnis heraus sich mit der Wissenschaft beschäftigten und Systeme für ihre Kenntnisse schufen. So hatten zwar schon die Babylonier und Assyrer verschiedene physikalische Kenntnisse, die sie in den Dienst ihrer täglichen Arbeit stellten, außerdem waren sie schon erfahren in den Elementen des Rechnens und der Himmelskunde. Das übernahmen die Griechen von ihnen und machten daraus eine Wissenschaft, frei von allem mythischen Beiwerk, das bei ihren Vorgängern stark in den Vordergrund getreten war. Ebenso besaßen die Ägypter eine große Anzahl von Arzneimitteln. Aber die Priester, in deren Hand die Medizin lag, umgaben ihre empirisch gewonnen Kenntnisse mit allem möglichen Zauber, um durch einen geheimnisvollen Nimbus die Mängel ihres Wissens zu verdecken. Auf eine höhere Stufe wurde die Medizin erst durch die Griechen erhoben, durch Hippokrates, den Vater der Medizin. Bevor wir nun die Beeinflussung der Medizin durch die Naturwissenschaft der Alten näher verfolgen, wollen wir erst den Inhalt der beiden genauer betrachten.

Die Physik war ihnen die Lehre von der Natur als einem einheitlichen Ganzen, mit all der Fülle an Erscheinungsfor-

men, so wie sie sich eben dem unbefangenen Naturbeobachter darbot.

Den wissenschaftlichen Anfang der Naturbetrachtung machten hier die jonischen Naturphilosophen, die φυσιόλογοι, wie sie von Aristoteles bezeichnet werden, bei dem dieser Ausdruck sagen will: die Beschaffenheit der natürlichen Körper untersuchend, besonders die Natur in ihrem Wesen und ihren Gründen erforschend und sie anderen erklärend. Allerdings setzten sie sich im naiven Selbstvertrauen gleich mit den letzten und schwersten Fragen auseinander. Sie suchten ein einheitliches Prinzip (ἀρχή) der Naturerklärung und wollten von da aus die geordnete Einrichtung der Welt begreifen. Es war also kosmische Physik, was die ersten „φυσιόλογοι" betrieben. Ihre Lehre von der φύσις mußte noch sehr mit philosophischen Überlebungen verbunden sein, da ja von experimentellen Grundlagen für diese schweren Fragen noch keine Rede sein konnte. Sie machten demzufolge manche naive Annahme, aber sie ahnten auch intuitiv manches voraus, was die Neuzeit erst nach Jahrtausenden in wissenschaftlichem Gefüge ausgebaut hat, allerdings in feinster Differenzierung. Als erstes wollten sie die Frage lösen nach dem Grundstoff, aus dem alle Dinge gebildet sein sollten. Thales, der erste Naturphilosoph, nahm als diesen Grundstoff das Wasser an, Anaximander einen sinnlich nicht wahrnehmbaren Stoff, dessen Teilchen sich in ständiger Bewegung befinden, Anaximenes die Luft. Im Anfang also fragte man sich nach dem Wesen und Sein der Dinge. Heraklit und die späteren forschten nach dem Werden der Dinge und nach der Ursache ihrer Bewegungen. Er kam dabei zu dem Ergebnis πάντα ῥεῖ. Er ist also der Ansicht, daß alles in ständiger Umwandlung begriffen sei und keinen Moment in dem gleichen Zustande seiner Substanz nach beharre. Der Grundstoff, der unablässig in alle Stoffe und Formen übergeht, ist bei ihm das Feuer. Empedokles, ein philosophischer Reformator, nahm an, daß es kein Werden und Vergehen im strengen Sinne des Wortes geben könne und sucht beide auf die Verbindung und Trennung un-

vergänglicher Grundstoffe zurückzuführen, der Elemente, στοιχεῖα, wie sie später Platon und Aristoteles nannten. Als solche Elemente nahm er die bekannten vier an: Feuer, Wasser, Erde, Luft, und stellte ihnen gegenüber das Prinzip der bewegenden Kraft. Diese Anschauung übernahm von ihm das Mittelalter, bis die Chemie anders lehrte. Für die Neuzeit von größerem Interesse als diese Lehre ist die der Atomistik, deren Urheber Anaxagoras ist und die von Leukippos und Demokrit weiter ausgebaut wurde. Nach diesen ist die Materie zusammengesetzt aus kleinsten, qualitätslosen Teilchen, die unveränderlich und unteilbar sind und aus deren Bewegung, auf mechanischer Naturnotwendigkeit beruhend, durch gegenseitige Berührung erfolgend, die Zusammensetzung der sinnlich wahrnehmbaren Dinge entsteht. Im Gegensatz zu Anaxagoras nahmen die beiden anderen an, daß diese kleinsten Teilchen sich nur nach Gestalt, Größe und Schwere unterscheiden; je nach Lage- und Ordnungsänderung können sie durch ihre Verbindungen ganz verschiedene Körper bilden. Man glaubt Ansichten der modernen Atomlehre zu hören, wenn man die Gedanken dieser alten Naturforscher liest.

Diese teils philosophisch-spekulative, teils intuitive Methode blieb aber nicht der einzige Weg der Griechen in der Erforschung der Natur. Sie experimentierten auch in ausgedehnter Weise. Aber sie konnten dabei noch nicht mit Sicherheit das Wesentliche vom Zufälligen absondern und so war es bei ihrer Art der Forschung mehr oder weniger Glückssache, ob sie auf haltbare Ergebnisse kamen oder Folgerungen zogen, die sie sehr bald wieder aufgeben mußten. Sie stellten Experimente eben nicht in planmäßiger Reihenfolge an und ließen dann die gefundenen Ergebnisse sprechen, um Richtlinien für ihr System zu finden, sondern es kam dazu im Altertum die verhängnisvolle Neigung alle naturwissenschaftlichen Forschungen mit vorgefaßten philosophischen Ideen in Übereinstimmung zu halten. Als Repräsentant dieser klassischen Naturwissenschaft gilt Aristoteles, der die Physik als systematische Wissenschaft begründete. Die Lehre

von der Natur, τὰ φυσικά umfaßt alle Naturkörper, ohne Unterschied zwischen leblosen und lebenden Dingen. Zwei Jahrtausende hindurch galt die Physik durch seinen Einfluß als die Naturwissenschaft schlechthin im Gegensatz zu den übrigen Geisteswissenschaften. Aristoteles betonte die Wichtigkeit der empirischen Forschung und beobachtete selbst unausgesetzt mit großem Eifer in allen Reichen der Natur. Auf diese Weise trug er ein großes Tatsachenmaterial zusammen, das er in seinen naturwissenschaftlichen Büchern niederlegte. Andererseits war dieser erste große Naturwissenschaftler doch zu sehr Philosoph, als daß er objektiv hinter seinem Werk hätte zurücktreten können, sondern er drückte demselben das deutliche Siegel seiner Philosophie auf. „Die Natur ist ihm ein lebendes Wesen, das in dem Streben, den Stoff zur Form zu bilden, verschiedene Stufenreihen durchläuft: von der niedrigsten, den leblosen Naturkörpern, zu der höhern der Pflanzenwelt, dann der Tierwelt, bis zur höchsten, dem Menschen. Die Form zum Stoff des Körpers, seine Zweckeinheit (ἐντελέχεια) also, ist die Seele, außerhalb des Körperlichen aber steht das Denken, die unvergängliche Vernunft" (K. Hubert). In allen Vorgängen unterschiebt er der Natur die Verfolgung eines Zweckes. Dieser Umstand, daß die klassische Naturforschung als ihren wissenschaftlichen Begründer einen Philosophen hatte, erklärt auch den großen Unterschied zu der Naturwissenschaft der Neuzeit und die Verschiedenheit ihres Einflusses auf die Medizin.

Wie wirkte sich nun diese Physik auf die Medizin im Altertum aus?

Hippokrates legte zum erstenmal den Grundgedanken der Heilkunde aller Zeiten in klassischer Weise fest. Er lehrte, daß alle Krankheiten ihre natürliche Ursache haben, das Ziel der Heilkunst ist ihm die praktische Behandlung des Individuums und die Grundlage allen ärztlichen Wissens ist ihm die Erfahrung am Krankenbett. Wenn er auch als erster sich in streng wissenschaftlicher Weise mit der Medizin beschäftigte, so sieht er die Medizin doch als eine Kunst an. Er weiß,

daß sein Können Grenzen hat, deren sich der Arzt bewußt bleiben muß. Von der Physik, soweit man zu seiner Zeit von einer solchen sprechen kann, wurde er insoferne beeinflußt, als er von der Naturphilosophie Spekulationen übernahm, um auch die körperlichen Vorgänge einigermaßen wissenschaftlich erklären zu können. Seine Krankheitslehre ist humoralpathologisch und dürfte wohl eine Anlehnung an die vier Elemente verraten. Er nahm vier Körpersäfte an: das Blut, den Schleim, die gelbe und die schwarze Galle. Die richtige Mischung derselben (εὐκρασία) bedingt die Gesundheit, die fehlerhafte (δυσκρασία) die Krankheit. Die jedem Menschen innewohnende Kraft, welche die Vorgänge im Körper regelt und die bei der Krankheit den Kampf mit dem schädigenden Agens aufnahm, nannte er φύσις. Als Aufgabe des Arztes betrachtete er es nun diese Kraft zu unterstützen oder zu lenken, wenn sie nicht zweckmäßig arbeite. Daß er dabei die äußere Physis der Naturwissenschaft nicht unbeachtet ließ, zeigt seine Schrift περὶ ἀέρων, ὑδάτων, τόπων, in der er auf den gesundheitlichen Einfluß von Luft, Wasser, Lage, Bodenbeschaffenheit auf die Gesundheit der Bewohner eines Landes hinwies. Diese Schrift ist das erste Dokument, das die Bedeutung der physikalischen Faktoren der Umwelt für die Gesundheit würdigt.

Bei dem großen Koer war die Medizin eine Kunst; in der zweiten berühmten Ärzteschule der Griechen, auf Knidos, hatte man die Ansicht, die Medizin sei eine erlernbare Wissenschaft und auch die Nachfolger des Hippokrates strebten darnach, ein wissenschaftliches System der Heilkunde zu begründen, „in welchem die Theorie als Grundlage mit der Praxis zu einer Einheit verbunden werden sollte." Für diese Bestrebung war von großer Bedeutung Aristoteles. Nach Sudhoff geht sein Einfluß nach doppelter Richtung: „Seine nüchterne Sammlung und Darstellung des großen Tatsachenmaterials wäre geradezu ideal für eine Grundlegung der Medizin gewesen und hat auch sicher sehr anregend gewirkt. Die Methodik seines Denkens dagegen hat die medizinische

Forschung auf Irrwege geführt, von denen sie sich mehr als eineinhalb Jahrtausende nicht freimachen konnte. Seine teleologische Betrachtungsweise, welche in allem die Zweckmäßigkeit jeder Einrichtung als gegebene Tatsache nahm und seine deduktive Art der Beweisführung, welche aus allgemeinen, nur mit dem Verstande erschlossenen Voraussetzungen die einzelnen Schlußfolgerungen abzuleiten bestrebt war, schließlich seine willkürliche Übertragung von Ergebnissen der Tiersektionen auf den Menschen, all dies hat auf die medizinische Forschung geradezu verhängnisvoll gewirkt."

Als medizinische Vertreter sind noch zu nennen Diokles von Karystos in der ersten Hälfte des vierten Jahrhunderts. Er gab als erster ein selbständiges anatomisches Werk heraus, denn in dem Bestreben, eine Wissenschaft zu gründen, nimmt die Betrachtung des normalen Körpers einen breiteren Raum ein als bei Hippokrates. Bei seinen physikalischen Problemen erkannte er dem Pneuma, das ist der mit der Atmung aufgenommene, durch die Adern im Körper verteilte luftförmige Stoff, eine besonders wichtige Rolle als Träger des Lebens zu. In Alexandrien, dem Sitz der naturwissenschaftlichen Hochschulen des Altertums, führten Herophilos und Erasistratos diese Bestrebungen, der naturwissenschaftlichen Methode breiteren Raum in der Medizin zu gewähren, weiter. Die Folge war, daß man häufiger Sektionen ausführte, die zur näheren Erforschung des Herzens und des Nervensystems führten.

Der große Arzt, der für die Medizin des Altertums den Abschluß bedeutete und für die ganze mittelalterliche Medizin, soweit sie sich wissenschaftlich nannte, die höchste Autorität war, ist Galen. Er übernimmt das Erbe des Hippokrates und das des Aristoteles. Nach Sudhoff kommt in ihm der Streit: Medizin, Kunst oder Wissenschaft, zum Abschluß. „Er versucht allen Ernstes die mathematische Methode mit der naturwissenschaftlich-empirischen gleichwertig auf die Medizin anzuwenden, das heißt, in gleicher

Weise aus der sinnlichen Wahrnehmung und aus der unmittelbaren Gewißheit des Verstandes Schlüsse zu ziehen, obwohl ein fundamentaler Unterschied zwischen beiden ist."

In der Praxis war die Grundlage für seinen Erfolg sein Grundsatz: der Arzt ist der Natur Diener. Um aber das Naturgeschehen im Körper näher kennen zu lernen und so auch Grundlagen für das therapeutische Handeln zu gewinnen, greift er zum physiologischen Experiment. Er führte eine große Zahl von Vivisektionen aus und erlangte dabei wichtige Ergebnisse. Die Lücken, die aber dabei noch blieben, füllt er mit philosophischen Ansichten aus. Sein Grundgedanke ist der Ausspruch des Aristoteles: die Natur tut nichts ohne Zweck. Das beherrschte auch seine ganze Problemstellung. Er fragte nicht nach dem Wie und Warum, sondern nur nach dem Zweck, also nach dem Wozu. Er ist der gleichen Naturauffassung wie Aristoteles. Daher sieht er im Körper nur eine Einrichtung, welche der Seele ihre Funktionen ermöglicht. Der Körper bedient sich zu diesem Zweck verschiedener ihm innewohnender Kräfte, welche ihrerseits das Pneuma als Träger benutzen. Diese Pneumalehre baute er zu einem vollkommenen physiologischen System aus, dessen wichtigste Punkte folgende sind: Die vier Grundsäfte des Blutes, des Schleimes, der schwarzen und der gelben Galle setzen auch bei ihm, wie bei Hippokrates, den menschlichen Körper zusammen. Sie werden belebt durch die verschiedenen Formen des Pneuma und verrichten mit Hilfe desselben die Funktionen der einzelnen Organe. Die Grundfunktionen des Körpers sind erstens die psychischen, zweitens die sphygmischen, drittens die physischen Vorgänge. Jede dieser drei Funktionen wird unterhalten durch eine besondere Form des Pneuma und zwar die psychischen, wie das Denken, Empfinden, Wollen durch das Pneuma psychikon (Sitz im Gehirn), die sphygmischen Funktionen, wie Herzschlag, Blutzirkulation und Wärmebildung durch das Pneuma zootikon (Sitz im Herzen), die physischen Funktionen, wie Ernährung, Sekretion, Wachstum und Fortpflanzung durch das Pneuma physi-

kon (Sitz in der Leber). Alle drei Formen des Pneuma sind aber nur durch ihre Wirkung unterschiedene Teile des einheitlichen Pneuma, des Lebensträgers.

Dieses medizinische System Galens herrschte bis in das ausgehende Mittelalter, das keine Fortschritte zu verzeichnen hatte, was Naturwissenschaft und Medizin anbelangt. Im Gegenteil, als das Römerreich im Sturm der Völkerwanderung zerfallen war, verfiel auch die naturwissenschaftliche Forschung und damit die Medizin.

Für die geistige Einstellung des Mittelalters wurde von richtunggebender Bedeutung der Neuplatonismus, das damals herrschende letzte philosophische System der Alten, das die höchste Stufe der Erkenntnis in der Ekstase suchte. Für die nordischen Völker, die in geistiger Hinsicht noch auf kindlicher Entwicklungsstufe standen, war die Folge, daß sich ein unklarer Mystizismus und Aberglaube entwickeln und sie gefangen nehmen mußte. Für die naturwissenschaftliche Forschung gewann Bedeutung die Tatsache, daß der Neuplatonismus die Einheit des Urstoffes lehrte. Man folgerte daraus, daß sich ein Stoff in einen anderen umwandeln lassen müsse und in der eitlen Hoffnung aus unedlem Metall Gold machen zu können, ergaben sich ungezählte der schwarzen Kunst. Auch den Homunkulus wollte man durch chemische Mittel erzeugen, wozu Paracelsus in seinem Buch „De generatione rerum naturalium" ausführliche Anweisungen gab. Die Alchimisten machten die Naturforschung zu einer Pseudowissenschaft, in der mehr chemische als physikalische Erkenntnisse angestrebt wurden. Durch den Neuplatonismus war auch die Astrologie zu Ansehen gelangt, was für die Medizin bedeutungsvoll wurde, da man glaubte, daß die Konstellation der Gestirne nicht nur auf die Lebensschicksale, sondern auch für die Gesundheit jedes Menschen ausschlaggebend sei. Ja, man brachte sogar die einzelnen Organe in Beziehung zu den verschiedenen Gestirnen. Außerdem schuldigte man den Einfluß der Sterne für den Ausbruch von Seuchen an. Das alles war nur der Ausdruck für die Tatsache,

daß man wieder zu der geistigen Einstellung des Urmenschen gekommen war, der geheimnisvolle Mächte über sich walten fühlte, vor denen er sich ohne Widerstand beugte im Dunkel eines verworrenen Denkens.

Durch diese mystisch-abergläubische Richtung sank auch das ärztliche Können. In eine auf einigermaßen hohen Stufe stehenden Praxis geben die „causae et curae" der Äbtissin Hildegard von Bingen Einblick. In ihrer teils mystisch-religiösen Einstellung wertete sie die äußeren Krankheitserscheinungen meist symbolisch, andererseits kam sie durch ihre naiv-intuitive Weise der Wahrheit nahe. Vor allem lernte sie ihre Therapie aus der Empirie und aus der Überlieferung der Vorfahren. Diejenigen aber, die die Geistesschätze des klassischen Altertums gerettet hatten, die Mönche, waren mehr Hüter der Wissenschaft und befaßten sich mit den naturwissenschaftlichen und medizinischen Schriften mehr als „Schriftgelehrte", denn als selbständige Forscher. Nur Salerno war die einzige Stätte, in der die Medizin noch in echt wissenschaftlicher Weise gelehrt und ausgeübt wurde. Das bildete aber auch die alleinige Ausnahme. Im allgemeinen war das, was im Mittelalter als Medizin und Naturforschung gelehrt wurde, nur das Studium und die philologisch-philosophische Auslegung der von naturwissenschaftlichen Dingen handelnden klassischen Schriften, namentlich der von Aristoteles und Galens, denen man dem blinden Autoritätsglauben des Mittelalters zufolge auch Irrtümer glaubte, ja diese sogar mit dialektischen Spitzfindigkeiten verteidigte. So kam es, daß die medizinischen Kenntnisse des 15. Jahrhunderts nicht viel anderes enthielten als die des 2. Jahrhunderts. Erst gegen Ausgang des Mittelalters suchten manche Forscher über Aristoteles hinauszukommen bei der Übersetzung seiner Schriften, wozu damals ein gewisser Wagemut gehörte. So war zum Beispiel Arnold von Villanova einer der ersten, der als die wissenschaftliche Basis der Medizin „ratio ac experimentum" verlangte und das auch in die Tat umsetzte. In diesem

Geiste arbeitete beispielsweise u. a. auch Nikolaus von Cusa und Leonardo da Vinci, mit dem die Renaissance beginnt.

Ihr faustischer Drang nach Wahrheit brachte Realismus auf allen Geistesgebieten, vor allem in der naturwissenschaftlichen Forschung. Hier war Galilei der mutigste Vorkämpfer und wurde dadurch der stolze Begründer der Physik der Neuzeit, deren Richtlinien er in seinem Hauptwerk niederlegte: „Untersuchungen und mathematische Demonstrationen über zwei neue Wissenszweige, die Mechanik und die Fallgesetze betreffend." Galilei weist dem naturwissenschaftlichen Denken neue Bahnen. Er trennt scharf zwischen Physik und Metaphysik, die in der Scholastik ohne Grenzen ineinander gegangen waren; er schaltete die Philosophie aus und fragte nicht mehr nach dem Warum und Wozu, sondern nach dem Wie der Erscheinungen. Galilei hob dadurch den wesenhaften Unterschied zwischen alter und neuer Physik, zwischen altem und neuem Experiment in klarer Weise heraus: Wenn auch die Alten schon Experimente machten, so stellten sie dieselben doch nicht in der exakten Weise an, wie die moderne Physik. Ihre Versuche waren oft mehr Beobachtungen von zufälligen Naturerscheinungen, ja schon auf die Erzählung eines Zweiten hin hielten sie sich berechtigt, Schlüsse zu ziehen auf das Wesen und den Grund aller Erscheinungen.

Im Gegensatz zu dieser qualitativen Physik der Alten ist die der Neuzeit in erster Linie quantitativ. Beim Experiment bestimmt der Physiker selbst genauestens alle Umstände von Ort und Zeit, alle hemmenden und fördernden Einflüsse, um jede Einzelheit mit konzentrierter Aufmerksamkeit verfolgen zu können. Erst dann, wenn der Physiker einen Vorgang nach Maß und Zahl erfaßt hat, kann er ihn auf den kürzesten Ausdruck, die mathematische Formel, bringen und wenn die Gültigkeit derselben einwandfrei erwiesen ist, dann kann er sie zur Aufstellung eines Gesetzes benutzen. Die moderne Physik verzichtet eben bewußt darauf, die Erscheinungen zu erklären und begnügt sich damit, sie zu beschreiben und die Gesetzmäßigkeiten der in ihnen wirkenden Kräfte zu bestim-

men. Nur dadurch vermeidet sie aber auch Systeme auf unsicherem Grund zu bauen, die in kurzer Zeit wieder zusammenstürzen müssen und nur dadurch ist ein dauernder wissenschaftlicher Fortschritt möglich. Die experimentelle Forschungsmethode benützten die Naturforscher des 17. Jahrhunderts immer mehr, teils aus eigener Überzeugung, teils aufmerksam gemacht durch Bacon von Verulam, der mit offenen Augen das neue wissenschaftliche Leben seiner Zeit beobachtete und in seinem „Novum organon scientiarum" den Nutzen der neuen experimentellen und induktiven Methode klarlegte und auch der Medizin vorhersagte, daß sie eine angewandte Naturwissenschaft werden würde.

Der Erste, der die physikalisch-experimentelle Methode auf biologischem Gebiete durchführte und einen organischen Vorgang wie einen physikalischen verfolgte, war Harvey, der damit 1628 die fundamentale Entdeckung des Blutkreislaufes machte, eine der größten Entdeckungen überhaupt, die je in der Medizin gemacht wurden. Er wurde so der Schöpfer der planmäßigen Experimentalphysiologie und leitete die gesamte Medizin auf das Geleise exakter Forschung nach dem Vorbild der Physik.

Weiterhin gelangen bemerkenswerte historische Entdeckungen mit einem neuen physikalischen Hilfsmittel, dem Mikroskop. Leeuvenhoek entdeckte bei seinen mikroskopischen Forschungen 1675 die Infusionstierchen und sah als erster Bakterien. Athanasius Kircher erblickte mit optischen Hilfsmitteln in den von ihm untersuchten Ausscheidungen Pestkranker „vermiculi" (Würmer) und brachte sie in Zusammenhang mit der Ätiologie der Krankheit. Es war damit der erste Anfang gemacht zur Mikrobiologie, zur Bakteriologie, die sich im 19. Jahrhundert besonders reich entwickelte. Nicht minder eifrig als Leeuvenhoek widmete sich Malpighi der neuen Forschungsart und machte den Anfang zur histologischen Anatomie. Ihm brachte das Mikroskop Einblick in die Struktur der Knochen, Muskeln, Drüsen, Sinnesorgane; er entdeckte 1661 die Kapillaren. Durch diese seine Arbeiten

räumte er mit vielen überlieferten unrichtigen Vorstellungen auf. Johann Swammerdam sah 1658 die roten Blutkörperchen, was erst 1738 Boerhave veröffentlichte. Damit war der erste Schritt getan zur Erforschung des Blutes, dieses „ganz besonderen Saftes", zur Hämatologie.

Die Medizin wurde immer mehr in den Bann der Physik gezogen, die die herrschende Wissenschaft im 17. Jahrhundert war. Auf Galilei folgten andere große Physiker wie Kepler, Huygens, Newton, Torricelli, O. v. Guericke, Mariotte, Boyle. Auf die Medizin wirkten sich die großen Erfolge der Physik, besonders der Mechanik, die damals am weitesten war, dahin aus, daß manche von den zeitgenössischen Ärzten es auf ihrem Gebiete den großen Vorbildern gleichtun wollten. So kam es zur Entwicklung einer neuen Richtung, der Iatrophysik, die die „mechanischen Prinzipien" an die Stelle der „qualitates occultae" setzen wollte und alle Vorgänge im menschlichen Körper physikalisch erklären wollte.

Alphons Borelli, ein Schüler Galileis, Mathematiker, Physiker und Physiologe ist der Begründer der Iatromechanischen Schule in Italien. Er machte in seinem Werk „De motu animalium" den ersten Versuch einer allgemeinen Muskelphysiologie, indem er die Muskelbewegungen an Tier und Mensch auf statische und mechanische Gesetze zurückführte, ebenso wie die Herzbewegung und Magenverdauung. Er bearbeitete den mechanischen Teil der Physiologie der Atmung mit Erfolg. Auch findet sich bei ihm der Anfang einer Hämodynamik, in der er zum Beispiel schon die Bedeutung der Elastizität der Arterienwandung für die Gleichmäßigkeit der Blutbewegung richtig erkannte. Er erklärte Fieber, Schmerz und Krampf in letzter Linie durch Störung in der Bewegung des „Nervensaftes". Seine Nachfolger Bellini und Baglivi gingen noch weiter. Sie betrieben die mechanische Erklärung aller Organe und ihrer Funktionen in eine bis ins kleinste gehende, kritiklose Verallgemeinerung. Die Krankheiten werden letztlich auf mechanische Störungen in der Blutbahn zurückgeführt. Diese Blutstauungen sind der springende Punkt

in der Lehre der Iatromechaniker und haben sich in der Vorstellung einfacher Laien bis heute noch erhalten. Santorio Santoro, überzeugt von der großen Bedeutung quantitativer Methoden, beschäftigte sich eifrigst mit genauer Feststellung des Körpergewichtes unter dem Einfluß der Nahrung und anderer Bedingungen, sowie mit Pulszählung und Temperaturmessung. Für diese Untersuchungen erfand er viele Meßapparate, um dadurch die Resultate einwandfreier zu gestalten. Er machte den Anfang der systematischen Stoffwechseluntersuchung, wobei er die Perspiratio insensibilis für den wichtigsten Vorgang hielt.

Die mechanische Auffassung leitete auch die Therapie der Iatrophysiker in der späteren Zeit. Außer manchen absurden Methoden (pneumatische Kammern, Zentrifugalmaschine) brachten sie als brauchbare Neuerung die Infusion von Arzneimitteln in die Blutbahn und die Bluttransfusion.

Doch standen sie den meisten Krankheiten noch machtlos gegenüber, besonders gab den Ärzten im 15. und 16. Jahrhundert schwere Rätsel auf die Syphilis, der englische Schweiß, der Typhus exanthematicus. Zu jener Zeit wurde die Chinarinde eingeführt, mit der große Erfolge in der Fieberbehandlung, besonders beim Wechselfieber erzielt wurden, ohne daß die Iatrophysiker das mit ihrem System erklären, geschweige denn mit ihren Mitteln das Gleiche leisten konnten. Ihre Erfolge lagen nur auf theoretisch-physiologischem Gebiet. Schon Ramazzini verglich den durch die Chinarinde herbeigeführten Umschwung in der Medizin mit dem, welchen das Schießpulver in der Kriegskunst bewirkte. Es war eben unmöglich, daß man das Leben aus den Gesetzen der Statik und Hydraulik begreifen und die Medizin als einen Teil der angewandten Mathematik und mechanischen Physik behandeln konnte. Auch die Iatrochemie, die Zwillingsschwester der Iatrophysik, die ebenfalls noch in den Kinderschuhen steckte, konnte weder erklären noch helfen. In der Hauptsache war man auf abwegige Bahnen geraten, man hatte die unbefangene Krankenbeobachtung verlassen und war wirklichkeits-

fremd geworden. Die erfahrenen Ärzte gingen zurück zum Hippokratismus, zur praktischen Krankenerfahrung; andere, die sich von der Naturwissenschaft nichts Neues mehr erwarteten, hielten es für richtig, die Ergebnisse philosophisch zu betrachten.

Der Vitalismus, von Frankreich ausgehend, fand auch in Deutschland viele Anhänger. Diese verwarfen allmählich die mechanischen und chemischen Erklärungen der Lebensvorgänge mehr oder weniger radikal und führten als Erklärungsprinzip eine über allem waltende „Force hypermécanique" ein, die unbekannt und unerforschlich sei. Die mechanischen und chemischen Gesetze ließen sie nur noch für die unbelebte Natur gelten. Dazu kam später noch der große Einfluß der Naturphilosophie durch Hegel und Schelling, sodaß die medizinischen Anschauungen zur Zeit der Romantik auch romantisch aussahen. Man dachte, hätte man die philosophische Frage nach der Stellung des menschlichen Organismus in der Natur gelöst, so wisse man alle Krankheiten aus einem Punkt zu kurieren.

Da wurde das Gesetz von der Erhaltung der Kraft als mächtiger Markstein aufgestellt, der der medizinischen Forschung den Weg zur Naturwissenschaft zurückwies: 1843 von Robert Mayer niedergeschrieben, 1847 von Helmholtz öffentlich verkündigt. Das war eine Ruhmestat von zwei deutschen Ärzten, auf deren medizinische Forschung eben auch die Physik starken Einfluß hatte, sei es, daß ein Arzt wie Robert Mayer in Ausübung seiner Praxis scheinbar geringfügige biologische Erscheinungen in Zusammenhang mit dem großen ganzen physikalischen Geschehen in der Natur brachte und durch logische Schlußfolgerungen zu weittragenden Ergebnissen kam, oder daß ein geborener genialer Physiker, der außerdem Arzt war, wie Helmholtz, die physikalischen und biologischen Vorgänge mit kritischem Sinn nachprüfte. Dühring, der Biograph Mayers, schreibt über ihn: „Als Entdecker schließt sich Mayer unmittelbar an Galilei an, denn seit den Zeiten dieses Begründers der modernen Physik

ist kein zweiter Schritt geschehen, der an grundlegender Bedeutung dem Mayer'schen Aufschluß über die Kraftnatur und das Kraftmaß der Wärme gleichkam. Robert Mayer ist der zweite Begründer der Physik, ja überhaupt der höheren Naturwissenschaft mit ihren bis in die Physiologie reichenden Ausläufern . . . Der Heilbronner Arzt hat das Wesen aller Kraftwirkung umfassender ergründet als Galilei und hiedurch ist es ihm möglich geworden, von der Schwere zur Wärme eine Brücke zu schlagen." „Er ist der Vater der modernen Physik, wie der tiefergehenden und nicht bloß an der Oberfläche haftenden Naturbetrachtung überhaupt" (E. Horn).

Das Gesetz von der Erhaltung der Kraft wurde die Grundfeste der modernen Physik und ebenso der Bio-Physik. Durch den Beweis, daß die physikalisch-chemischen Vorgänge in den Organismen diesem Gesetze genau so gehorchen wie in der unbelebten Natur, wurde der Vitalismus zurückgedrängt und die Erforschung der Substanz trat dafür ein. Trefflich bemerkt Neuburger: „Die von Mayer ausgesprochene Notwendigkeit des Energiekreislaufs als Begleiter des Stoffkreislaufs brachte erst das wirkliche Verständnis der tierischen Energieausgaben — tierische Wärme, Bewegung usw. —, als Ausdruck des überwiegend in ‚exothermischen Reaktionen' verlaufenen tierischen Stoffwechsels, welches bis zur Aufstellung von für die schwierige Technik bewunderungswürdig genauen ‚Energiebilanzen' neben den Stoffbilanzen geführt hat, nachdem die experimentelle und physikalische Physiologie es bis zu genügenden dynamometrischen und kalorimetrischen Methoden gebracht hatte: hierfür die ersten brauchbaren Schritte unternommen zu haben, ist eines der unsterblichen Verdienste Helmholtz'."

Der Sieg der exakten naturwissenschaftlichen Forschung in der Medizin war entschieden. Vor allem blühte dadurch die Physiologie, die Vorstufe der Medizin, auf, deren Motto das Wort Magendies wurde: „La médecine est une science à faire". Namhafte Forscher gingen an die Ausführung der Faraday'schen Aufforderung: „Wir Physiker lehren Euch die

Physik, bemüht Ihr Ärzte Euch sie nutzbar zu machen." Franz Karl Müller schreibt über die Wurzeln der Physiologie: „Es sind die stolzesten Namen, die ersten Geister der Nation, die uns fesseln, wenn wir diesen Teil der Medizin historisch beleuchten: J. Müller, Helmholtz, Du Bois-Reymond, Virchow, Robert von Mayer, Darwin, Huxley und Pasteur. An diese schließen sich eine Zahl von Forschern an, deren Name gleichfalls in der Wissenschaft unsterblich ist." Als äußeres Zeichen der Einsicht, daß die Physiologie als eigene Wissenschaft festbegründet sei und für die Zukunft noch mehr verspreche, erfolgte die Gründung des ersten physiologischen Institutes in Breslau durch J. E. Purkinje. Als Vertreter der vorzugsweise physikalischen Richtung sind zu nennen Volkmann, Ludwig, Du Bois-Reymond, Fick, Marey. Am konsequentesten wandten die drei Brüder Weber, zwei Physiologen und ein Physiker, die moderne, mathematisch arbeitende Physik auf die komplizierten Funktionen des menschlichen Körpers an. Die „Wellenlehre, begründet auf Experimente" Ernst Heinrichs und Wilhelms wurde grundlegend für die Akustik und für die Hämodynamik. Bedeutungsvoll für die exakte Methodik wurde Wilhelms und Eduards gemeinschaftliche Untersuchung über die Mechanik der Gehwerkzeuge, in welcher sie die Basis für die physikalisch-wissenschaftliche Betrachtung der menschlichen Muskel-Gelenkmechanik schufen. Der große Einfluß, den die Physik auf das medizinische Forschen gewann, zeigt sich auch darin, daß damals der Anfang gemacht wurde zu einer neuen Zweigwissenschaft: der medizinischen Physik, für die die ersten Lehrbücher herausgegeben wurden von A. E. Fick (1858 in Braunschweig „Die medizinische Physik") und von W. Wundt (1867 in Leipzig „Handbuch der medizinischen Physik") und von E. Mach (1863 in Wien „Kompendium der Physik für Mediziner"). Heutzutage, da der Einfluß der Physik noch ungleich größer ist als damals, ist die medizinische Physik zu einer großen Teilwissenschaft angewachsen, die sich mit

den physikalischen Grundlagen und Erscheinungen befaßt, die auf die Medizin von Einfluß sind.

Von ebenso weittragender Bedeutung wurde in der Folgezeit ein wissenschaftliches Grenzgebiet der Physik, das anfangs wenig beachtet, später aber von größter Bedeutung wurde: die physikalische Chemie, hervorgegangen aus den Leistungen von Faraday, Berthollet, Mietscherlich, Bunsen, Kirchhoff, Kohlrausch, Hittorf, Loth. Meyer, Mendelejeff. und Ostwald. Ihr Grundproblem ist die Erforschung des Wesens der chemischen Energie und ihre Umwandlung in andere Energiearten auf den Gebieten der Elektrochemie, Thermochemie, der chemischen Thermodynamik, Photochemie, Mechanochemie und Kolloidchemie, die ganz neue Möglichkeiten für die Erforschung der lebendigen Substanz bot. Durch den Einfluß der modernen Naturwissenschaften konnte die Medizin nicht umhin sich auch immer mehr zu einer Experimentalwissenschaft umzuwandeln. Auch in die klinische Medizin fand das Experiment Eingang. Treffend sagt Hans Horst Meyer: „Was wäre unsere heutige Klinik und ganze praktische Medizin, was wüßten wir von Fieber und Stoffwechsel, was von Diabetes, von Leber-, Nieren-, Kreislauf- und Atemstörungen, was von Gehirn- und Rückenmarkskrankheiten ohne die grundlegende Experimentalarbeit aus den führenden Schulen von Traube, Frerichs und Naunyn, um nur einige allergrößte Geister der deutschen Klinik zu nennen. Heute ist der Geist der Medizin absolut durch und durch experimentell. Man braucht nur die Entwicklungsgeschichte eines modernen pharmazeutischen Mittels anzusehen. Auch bei der ‚klinischen Beobachtung' sollte jeder therapeutische Eingriff, jede Verordnung einer Diät als Experiment angesehen werden. Das Experiment ist das Erziehungsmittel des Arztes zur Höhe und Würde wissenschaftlicher Besonnenheit."

Ein eigener Zweig ganz besonders konsequenten, ausdauernden und exakten Experimentierens wurde durch Pasteur und Koch begründet, die Bakteriologie, deren Erfolge um

die Jahrhundertwende ganz besonderes Aufsehen erregten. In unzähligen, mühsamen Kleinversuchen arbeitete Koch diese Methode aus, für die die drei folgenden Sätze gelten: 1. Mikroskopisch kleine Lebewesen sind als ständige Begleiter einer Krankheit im Körper zu beobachten; 2. sie sind von anderen, nicht ständigen zu trennen und in Reinkultur auf einem eigens zubereiteten Nährboden zu züchten; 3. durch Überimpfung dieses Kulturproduktes ist in einem gesunden Körper ebendieselbe Krankheit zu erzeugen, als deren ständigen Begleiter man jene Lebewesen zuerst gefunden hat. Durch Anwendung und weitere Verfeinerung (mit Hilfe des Mikroskops) dieser Methode baute man die Bakteriologie immer weiter aus. Ihr waren große Triumphe beschieden, indem es in rascher Folge gelang, immer wieder einen Erreger einer bestimmten Krankheit einwandfrei festzustellen.

Dem Erkennen der Ursache gewisser Krankheiten folgte sogleich das Streben nach ihrer wirksamen Bekämpfung. Bisher hatte man eine vorwiegend lokalistische Krankheitsauffassung. Geleitet von der Zellularpathologie Virchows suchte man nach dem Sitz der Krankheit in bestimmten Organen auf Grund morphologischer und histologischer Veränderungen. Diese Krankheitsherde wollte man durch Arzneien oder mit dem Messer radikal entfernen. Neben dieser Methode ärztlichen Handelns eröffnete die Serologie ganz neue Wege. Man hatte die humoralen Abwehrkräfte des Körpers bei Infektionskrankheiten kennen gelernt; diese wollte nun die Serologie selbst wachrufen und arbeitete neue Methoden aus, um den Menschen durch aktive oder passive Immunisierung widerstandsfähiger zu machen.

Bekam so das konservative Handeln neue Heilmethoden, so eröffneten sich auch der Chirurgie ganz neue Arbeitsmöglichkeiten. Da man die Eitererreger, ihre Lebensbedingungen und ihre große Verbreitung kannte, konnte man sie auch wirksam bekämpfen oder fernhalten durch die Antisepsis, beziehungsweise durch die Asepsis. Die Durchführung strenger Asepsis in der Chirurgie ermöglicht es heute operative Ein-

griffe ohne große Gefahr für das Leben des Patienten auszuführen, die früher fast mit Sicherheit tödlichen Ausgang zur Folge gehabt hätten, z. B. die Eröffnung der Bauchhöhle.

Für die Erhaltung des Lebens des einzelnen Menschen waren in verschiedenster Hinsicht bessere Möglichkeiten gewonnen worden. Die Medizin der neuesten Zeit sorgt aber auch für die Gesundheit des ganzen Volkes, wobei sie in erster Linie Schäden vorzubeugen sucht. Besonders ist es nötig, die Entstehung und Ausbreitung von Infektionskrankheiten möglichst zu verhindern, die immer wieder, manchmal in ganz verheerenden Epidemien durch das Land gezogen waren und die Volksgesundheit und das Volksvermögen sehr empfindlich geschädigt hatten. Die Lösung dieser Aufgabe fällt der praktischen Hygiene zu, als deren Begründer von Pettenkofer zu nennen ist. Obwohl schon besonders in England viele Hygienevorschriften bestanden, traten in manchen Städten doch immer wieder endemisch Krankheiten auf, die von den Reformen unbeeinflußt blieben. Erst seitdem Pettenkofer die wissenschaftlich-experimentelle hygienische Forschung begründet hatte, zeigte sich endgültiger Erfolg. Außer der Wichtigkeit der Krankheitserreger und der individuellen Disposition des Einzelmenschen betonte er noch besonders die Gesamtheit der äußeren Umstände, die die Krankheit begünstigen; diese setzen sich aus lauter Elementen zusammen, mit denen es die anorganischen Naturwissenschaften zu tun haben, so sind z. B. was die Bauhygiene anbelangt betreffs der Privatwohnungen und auch der öffentlichen Gebäude (Schulen, Industrieräume) die Probleme der Licht-, Luft-, Wasserversorgung, der Heizung, der Abfuhr von Abfallstoffen Hauptabteilungen der öffentlichen Gesundheitspflege, die den Physiker direkt angehen. Weiterhin zieht die Hygiene die atmosphärischen Verhältnisse in ihren Forschungsbereich. Den Einfluß von Witterung und Klima untersucht die hygienische Meteorologie, welche durch W. I. van Bebber 1895 ihr erstes Lehrbuch erhielt. Auf die nosologische Wichtigkeit der Stauberfüllung der Luft hatte schon 1703 B. Ra-

mazzini aufmerksam gemacht. I. Aitken und G. Tissander arbeiteten ein eigenes Verfahren der Staubkornzählung und ihrer volumetrischen Eichung aus. Außerdem erforscht die Physik den sanitären Einfluß des Luftdruckes in verschiedenen Höhenlagen, der Luftbewegung, Luftfeuchtigkeit und -temperatur zu den verschiedenen Tages- und Jahreszeiten, sowie der Licht- und Elektrizitätsverhältnisse der Luft.

Schenkte man den physikalischen Faktoren in der Gesundheitspflege größere Aufmerksamkeit, so machten sich physikalische Einflüsse auch immer mehr geltend in der Therapie, die bis Ende des vorigen Jahrhunderts fast nur aus den Ergebnissen der modernen Chemie Nutzen gezogen hatte. In diese einseitige pharmazeutische Therapie brachte in der folgenden Zeit die physikalische Therapie Abwechslung. Allerdings war für diese nicht die Physik das primum movens, auch nicht die herrschende Schulmedizin gab dazu den Anstoß, sondern sie wurde durch Laien eingeführt. Durch die drei berühmten Wasserpfuscher Örtel, Kneipp und Prießnitz wurde der günstige Einfluß des Wassers in Form verschiedener Kuren propagiert. In Kürze war das Interesse der Öffentlichkeit, besonders der Laien, erregt und bald fanden sich zahlreiche, begeisterte Anhänger. Erst seit Winternitz bemüht sich auch die medizinische Wissenschaft im Verein mit der Physiologie und Physik wissenschaftliche Grundlagen zu schaffen für eine zweckmäßige Beeinflussung des menschlichen Körpers durch physikalische Mittel. Sie verwertete unter wissenschaftlicher Kontrolle der Wirkungen die natürlichen physikalischen Heilmittel im Dienste des kranken Menschen; dazu schuf die Physik aber auch selbst neue künstliche Hilfsmittel, deren Zahl besonders die Fortschritte der Elektrizitätslehre und der Elektrotechnik bereicherten. In mannigfacher Weise wurde der elektrische Strom in den Dienst des Arztes gestellt.

Der Ersatz natürlicher Heilmittel durch künstliche ist wohl am besten gelungen in der Lichttherapie. Die heilende Wirkung des natürlichen Sonnenlichtes hatten schon die

Ärzte des klassischen Altertums und auch die alten Germanen erkannt und benützt, aber ihre Anwendung geriet immer wieder in Vergessenheit. Doch griffen erfahrene Praktiker, die gute Naturbeobachter waren, oft von selbst darauf zurück. So richtete der Schweizer Naturarzt Rickli in Veldes am Veldeser See in Oberkrain eine Anstalt für Licht- und Luftbehandlung ein (1855). 1877 teilten Downs und Blunt der Londoner Akademie der Wissenschaften ihre Beobachtungen über die gewaltige wachstumshemmende und tötende Kraft des Lichtes auf Zersetzungs- und Fäulnispilze mit. Diese Mitteilung wurde zum Mittelpunkt zahlreicher photobiologischer Studien von Forschern aller Nationen.

1902 führte Bernhard die systematische Anwendung der Sonnenbestrahlung bei chirugischer Tuberkulose durch, indem er die betreffenden Krankheitsherde bestrahlte.

1903 eröffnete Rollier in Leysin in der Höhe von 1200 bis 1500 Meter über dem Meere seine drei Sanatorien, in denen er durch allgemeine Sonnenbestrahlung des ganzen Körpers bei Tuberkulose die besten Erfolge erzielte.

Aber überall und jederzeit steht die Sonne nicht zur Verfügung, besonders in den nördlichen Ländern; deshalb wurde für diese der vollwertige Ersatz des Sonnenlichtes durch künstliche Lichtquellen besonders wichtig. 1800 entdeckte Herschel die chemisch wirkenden ultravioletten Strahlen. 1859 machte Charcot aufmerksam, daß es nur die chemisch wirksamen Lichtstrahlen seien, welche die in der Haut beobachteten Wirkungen bedingen. Finsen arbeitete in der Zeit von 1893 bis 1905 das erste Verfahren der Phototherapie aus. Durch seine von Erfolg gekrönten Bemühungen die chemisch wirksamen Strahlen zu isolieren und die Wärmestrahlen auszuschließen, gelang es ihm, die Photochemotherapie von der Photothermotherapie zu trennen. In den chemischen Strahlen gewann er das erste wirksame Mittel zur erfolgreichen Behandlung des Lupus, der bis dahin für unheilbar gegolten hatte. Benutzte Finsen zur Erzeugung der ultravioletten Strahlen konzentriertes Kohlebogenlicht, so konstruierte

Kromayer zu diesem Zweck seine Quecksilberquarzdampflampe. Das am weitest verbreitete Modell einer Quecksilberlampe ist die „künstliche Höhensonne", die Bach in die allgemeine Lichttherapie eingeführt hat. Überall, wo wir den Chemismus der Haut und ihre Abwehrkräfte gegen Infektionen beeinflussen wollen, oder wo es sich handelt einen geschwächten Körper zu seiner Erholung anzuregen, ist die Höhensonne zu empfehlen, da sich ihre Wirkung auf Blutdruck, Blutbild, Chemismus des Blutes, Stoffwechsel und Nervensystem sehr günstig zeigt. Der Berliner Gynäkologe St. Westmann konstruierte in jüngster Zeit eine Vorrichtung, durch welche die inneren Körperhöhlen mit ultraviolettem Licht bestrahlt werden, das in ihnen selbst erzeugt wird durch eine in den Körper eingeführte Funkenstrecke, die sich in einer Quarzröhre an der Spitze eines langen dünnen Rohres befindet, das entsprechend dem Bau der betreffenden Körperöffnung geformt ist.

Die Helio- und Phototherapie hatten den Anfang gemacht zur Strahlentherapie, die Ende des 19. Jahrhunderts eine ganz einzigartige Erweiterung erfahren sollte durch die Entdeckung Röntgens (1895), die von ungeahnt großer Bedeutung sowohl für die Physik wie für die Medizin wurde. Daran schloß sich 1896 die Mitteilung Becquerels von der Strahlenwirkung phosphoreszierender Uranverbindungen und 1899 die Entdeckung des Radiums durch das Ehepaar Curie. Röntgen berichtete am 23. Januar 1896 in der Physikalisch-Medizinischen Gesellschaft zu Würzburg über die neuen Strahlen. Die Physik gab damals ihr größtes Geschenk an die Medizin, als Kölliker nach der Verwertbarkeit dieser Strahlen in der Medizin fragte und Röntgen antwortete, daß ihm zu einer Fortsetzung der Versuche nach dieser Richtung hin die Zeit mangle, er müsse das in die Hände der Ärzte legen. Er ahnte wohl, mit welchem Eifer sich die Ärzte der Lösung dieser Aufgabe widmen würden, wodurch ganz neue diagnostische und therapeutische Methoden zu gewinnen in Aussicht stand.

Aber auch die Physik blieb nicht untätig in der Erfor-

schung der X-Strahlen; ergaben sich doch auch für sie neue Forschungsmöglichkeiten, um in den Besitz neuer physikalischer Erkenntnisse zu gelangen. Durch die immer klarer werdende Kenntnis vom Wesen der neuen Strahlen und ihrer Wirkungen wurde das ganze Denken sowohl in der Physik als auch in der Medizin von Grund aus umgestellt. Es ergaben sich immer wieder neue Probleme und neue Antriebe zur weiteren Forschung, um die Geheimnisse der Natur zu klären und nutzbar zu machen. Wenn Goethe den Naturforschern seiner Zeit sagen konnte, daß sie der Natur nichts abtrotzen könnten mit Hebeln und mit Schrauben, so sieht der moderne Naturforscher das wohl ein, besonders für die mechanistische Forschungsmethode, aber er spricht doch nicht resigniert mit Du Bois-Reymond ein Ignorabimus, im Gegenteil, der moderne Physiker begnügt sich nicht mehr nur mit der äußeren Beschreibung der Gesetzmäßigkeiten physikalischer Vorgänge, er will ins Wesen der Dinge vordringen. Dabei wiesen ihm die Röntgen- und Radiumstrahlen ganz neue Mittel und Wege. Die Atomtheorie benutzte man schon lange als brauchbare Arbeitshypothese. Die moderne Physik blieb aber nicht bei ihrer wissenschaftlichen Begründung stehen, sie zertrümmerte auch experimentell die Atome, in denen sie kleine Wunderwelten entdeckte, die sich als verschiedene Arten von Planetensystemen darstellten, an Schönheit und Harmonie des Aufbaus dem Makrokosmos nicht nachstehend. Besonders deutlich zeigten die Erscheinungen beim Zerfall der radioaktiven Stoffe den atomistischen Aufbau der Materie. In genau bestimmten Bahnen kreisen im Atom negative Elektronen um einen positiven Massenkern. Die Zahl der kreisenden Elektronen und die Art ihrer Bahnen, sowie die Ladung des Atomkerns bestimmt den Unterschied der einzelnen chemischen Elemente. Auch wenn die einzelnen Atome chemische Verbindungen eingehen, gelten diese Gesetze, wenn sich auch größere Variationsmöglichkeiten in den einzelnen Bewegungsbahnen daraus ergeben. Mit Hilfe dieser Tatsache suchen moderne Physiker Verbin-

dungsfäden zu ziehen vom Atom des toten chemischen Stoffes zu den Vorgängen in der Zelle, der Trägerin des Lebens, die sich ja auch aus Atomen zusammensetzt. Vielleicht gelingt es auch in Zukunft einmal mit Hilfe der Strahlenphysik, neues Licht zu werfen in die Frage nach dem Wesen des Lebens. Doch wird wohl noch ein weiter Weg bis dahin zurückzulegen sein. Alles menschliche Wissen ist eben nur Stückwerk, aber ist es nicht ein schönes Meisterstück, daß Windaus und dem Physiker Pohl die Entdeckung und Reindarstellung des Ergosterin, das als Provitamin anzusehen ist, mit Hilfe ultravioletter Strahlen gelang? Doppelt erfreulich ist dieser geglückte Vorstoß, da er gerade das Reich der Vitamine betrifft, die, wie ihr Name schon sagt, ganz spezifisch charakteristisch für die lebendige Substanz und unbedingt nötig zur Erhaltung unseres Lebens sind. Diese Entdeckung war das letzte, ganz neuartige Geschenk der Physik an die Medizin in der langen Reihe der praktischen Ergebnisse, welche die Medizin durch die Physik gewann.

Die Einflüsse physikalischer Forschungen auf das medizinische Forschen und Handeln in den Einzelgebieten näher kennen zu lernen, soll die Aufgabe des zweiten Teiles dieser Arbeit sein.

Wie in der Physik die wirklich exakte Forschung erst dadurch begann, daß sie genaue Maße an die Naturvorgänge legte, da nur das genaue Messen uns Sicherheit und Kontrolle gibt in der Frage, wie weit unsere Anschauungen sich der Wirklichkeit nähern, so ging auch die exakte Forschung in der Physiologie zählend und messend an den menschlichen Organismus heran, allerdings mit der Berücksichtigung, daß eben bei organischen Lebewesen in manchen Beziehungen starke individuelle Schwankungen vorkommen. Allerdings sind bei den verschiedenen Messungen auch verschiedene Grade von Genauigkeit erreichbar und nötig. So genügt zum Beispiel bei Bestimmung von Atemfrequenz und Herztätigkeit die Genauigkeit der Ergebnisse innerhalb einer Minute, während bei Beobachtung von Reaktionszeiten und Nerven-

leitungsgeschwindigkeit die Messung der Vorgänge während 1/1000 sec. genau sein muß. Besonders minutiöse Hilfsmittel sind erforderlich bei Zählungen von in großer Masse vorkommenden gleichartigen Körpergebilden, wie Haaren, Zotten, Nervenelementen und besonders von Blutkörperchen, da hierbei kleinste Ungenauigkeiten große Fehlerquellen werden können.

Zu diesen und anderen verschiedenen Zähl-, Meß- und Wägemethoden liefert die Technik die Instrumente, von den einfachsten alltäglichen bis zu den kompliziertesten. Die technische Mechanik tritt hier als Bindeglied zwischen wissenschaftliche Physik und praktische Medizin. Doch gehört es nicht in den Rahmen dieser Arbeit, die Leistungen der angewandten praktischen Mechanik zu würdigen, vielmehr interessiert uns der Inhalt der Mechanik als wissenschaftlicher Disziplin und ihre Verwertung in der Medizin.

Das auffälligste Charakteristikum der Lebenserscheinungen an Tier und Mensch bildet die Bewegung. Zum wissenschaftlichen Verständnis dieser „Lokomotion" sind die Gesetze der Mechanik unerläßlich.

Voraussetzung für die Anwendungen der Statik und Dynamik auf die Physiologie und Pathologie des motorischen Systems ist zunächst die Kenntnis der physikalischen Eigenschaften der einzelnen Körpergewebe. Zum Beispiel ist für das Skelett in Bezug auf die Knochen bei den von den verschiedensten Seiten angreifenden äußeren und inneren Kräften die Zug-, Druck-, Abscher-, Biegungs-, Strebe- und Torsionsfestigkeit der Knochensubstanz wichtig für die sich ergebenden Folgen. Die ersten eingehenden Studien über die Prinzipien der Struktur des passiven Bewegungsapparates machten der Anatom G. H. von Meyers und Cullmann, die den Nachweis brachten, „daß die gleichen Konstruktionen, die in der graphischen Statik die Gleichgewichtsbedingungen irgend eines Systems starrer Körper zu fixieren gestatten, auch für die Art und Weise gültig sind, wie unsere Knochen gebaut sind." Die bahnbrechenden Vorstudien über die Moda-

litäten des Gehens von den Gebrüdern Weber wurden schon oben erwähnt.

Den wichtigsten Teil der Mechanik des menschlichen Körpers bildet die Kinematik, deren Hauptprobleme die exakte Forschung der Art, der Beteiligung und der Größe der Arbeitsleistung der einzelnen Skelettmuskeln sind. Die Muskeln greifen an den beweglich durch Gelenke miteinander verbundenen Knochen wie an Hebeln an und je nachdem ein Muskel über ein oder mehrere Gelenke läuft und je nach dem Bau des betreffenden Gelenkes (mit 1, 2 oder 3 Graden der Bewegungsfreiheit) erfolgen durch Muskelkräfte die verschiedensten Bewegungen. Das Ziel, die für die Bewegung wichtigen Faktoren möglichst genau zu analysieren, ist nicht nur von theoretisch-wissenschaftlichem Interesse, sondern es gewinnt praktische Bedeutung in der Orthopädie, in der es sich darum handelt, fehlende Extremitäten zu ersetzen oder die Kraft noch leistungsfähiger Muskeln an Extremitätenstümpfen zweckmäßig zu verwenden, um an eigens dafür konstruierten Prothesen noch verhältnismäßig feine Bewegungen ausführen zu können. Auch gelähmte Glieder können durch geeignete Bandagierung noch statisch leistungsfähig werden. Daß die Beherrschung der Gesetze der Statik und Kinetik Voraussetzung dafür ist, braucht nicht eigens hervorgehoben zu werden.

Da der menschliche Körper zum größeren Teil aus Flüssigkeit besteht, müssen für die Vorgänge im Körper auch die Gesetze der Mechanik der Flüssigkeiten Geltung haben. Unter diesem Gesichtspunkt betrachtet, teilt sich die Aufgabe in die Erforschung der physikalischen Momente in Bezug auf das Blut, welches die frei bewegliche Flüssigkeit des Körpers darstellt und in Bezug auf die Gewebssäfte, die den ganzen Körper durchtränken. Für das Blut können die Gesetze der Flüssigkeitsströmung in Röhren angewendet werden. Dabei muß in Betracht gezogen werden die molekulare Eigenschaft der Flüssigkeit (innere Reibung, Adhäsionsverhältnisse zur Rohrwand), der verschiedengestaltige Bau

und die verschiedenartige Beschaffenheit der Rohrwandung, die Wirkungsweise der treibenden Kraft, des rhythmisch arbeitenden Motors, des Herzens. Am meisten Bedeutung für die Diagnostik hat die Blutdruckmessung. Für das ärztliche Handeln haben zwei Verfahren, die ebenfalls auf mechanischen Überlegungen beruhen, Wichtigkeit erlangt, nämlich die Anwendung des statischen Drucks zur Beeinflussung der Blutzirkulation: entweder zur Erzielung der Blutleere nach Esmarch (seit 1873), durch deren Anwendung vor Operationen an den Extremitäten selbst bei schweren Eingriffen der Blutverlust ganz geringfügig bleibt, oder zur Erzielung von örtlicher Hyperämie durch die Biersche Stauung, bei der das Blut in der Peripherie zurückgehalten wird, um dort die lokalen Abwehrfunktionen zu steigern. Letzterenfalls sind von großer Wichtigkeit die Vorgänge der Diffusion und Osmose. Wenn sie hier, wie auch bei den übrigen physiologischen Vorgängen nicht allein die bestimmenden Momente sind, so ist ihre Kenntnis doch von großer Bedeutung in der Medizin, da wir uns keinen Vorgang im menschlichen Organismus vorstellen können, bei dem nicht osmotische Kräfte mitbeteiligt sind.

Was die Mechanik der gasförmigen Körper anbelangt, ist die Erforschung der Blutgase O_2 und CO_2 und ihr Austausch in der Lunge und in den Geweben von besonderem Interesse. Die Gesetze für die Absorption von Gasen in Flüssigkeiten gelten sowohl bei normalen atmosphärischen Verhältnissen als auch bei abnormen (Kompressions- und Dekompressionsfolgen bei Caissonarbeitern, Tauchern oder Fliegern). Der pneumatische Druck wird in der Praxis verwendet bei der Kuhnschen Saugmaske, bei den künstlichen Schröpfköpfen, beim Klappschen Saugapparat und bei den Überdruckapparaten, die bei Lungenoperationen in Anwendung kommen. Die Therapie der Lungentuberkulose hat eine große Bereicherung erfahren durch Einführung der Pneumothoraxbehandlung. Besonders Kavernen, die für jede andere Behandlung unangreifbar sind und bei Blutungen aus Gefäßen ihrer Wandung

lebensgefährlich werden können, kann man nur dadurch zum Schwinden bringen, indem man durch Einführen von Luft in den Pleuraspalt, in dem an sich schon negativer Druck herrscht, die Lunge zum Kollabieren bringt und dann durch entsprechende Nachfüllungen längere Zeit ruhig stellt und so die Vernarbung der Kavernen herbeiführt. Durch dieses nur mit physikalischen Hilfsmitteln ausgeführte Verfahren wurden so eklatante Erfolge erzielt, wie sie in der konservativen Therapie fast nie zustande gekommen sind.

Die Wärmelehre ist in der Medizin von Einfluß sowohl in Hinsicht auf die Physiologie und Hygiene, als auf das rein praktisch medizinische Handeln. Biologisch von großem Interesse sind die Ergebnisse der Kalorimetrie, sei es nun um den Brennwert der einzelnen Nahrungsmittel zu bestimmen oder sei es, um die lebendige Energie des menschlichen Körpers zu messen, da eben die Kalorie das einheitliche Maß für verschiedene Energiearten ist. In der Hygiene verwendet man verschieden hohe Temperaturen zur Förderung oder Hemmung von Lebensprozessen, zum Beispiel erzeugt man im Brutschrank bestimmte konstante Temperaturen zur Kultivierung von Mikroorganismen; der Eisschrank gelangt zur Anwendung zur Unterdrückung des Wachstums unerwünschter Bakterien und der Heißluftsterilisator oder der Dampfdesinfektionsapparat vernichtet das Leben gefährlicher Krankheitskeime.

Was die Wärmelehre in der praktischen Medizin anbelangt, so ist von erster Wichtigkeit die Messung der Körperwärme. Das Thermometer, das seit Wunderlich endgültig in die Klinik eingeführt wurde, ist das erste Instrument, nach dem schon die Krankenpflegerin greift, bevor der Arzt erscheint. Mit seiner Hilfe kann man zunächst einmal entscheiden, ob es sich um einen fieberfreien oder fieberhaften Krankheitsprozeß handelt. Aber auch im weiteren Krankheitsverlauf ist die Temperaturkurve der verlässige Indikator für charakteristische oder unerwartete Vorgänge im Körper bei bekannten Krankheitsbildern.

In der Krankenbehandlung ist es die physikalische Therapie, die meistenteils Temperaturanwendungen benützt, um im Körper wirksame Effekte zu erzielen. Nach Goldscheider „ruft der physikalische Eingriff im Organismus Störungen hervor und der Körper hat das Bestreben, diese Störungen seiner Funktionen durch Abwehr- und Reaktionserscheinungen auszugleichen. Diese Abwehr- und Reaktionsvorgänge bilden das eigentliche Wesen der Heilwirkungen physikalischer Maßnahmen." Diese Maßnahmen, Anwendung verschiedener Temperaturen, wie schon gesagt, wirken von der Haut aus durch Reflexvorgänge über das vegetative Nervensystem, den Vagus und Sympathikus. Diese wiederum greifen regulierend und tonisierend an am Gefäß-, Muskel- und Drüsensystem und beeinflussen die Vorgänge im Körper in weitgehendem Maße. Als Temperaturträger wird meist das Wasser benutzt, da es infolge seiner physikalischen Eigenschaften des größeren Wärmeleitungsvermögens und der größeren Wärmekapazität fähig ist, dem Körper rasch viel Wärme zu entziehen oder zuzuführen. Außerdem können seine Wärmegrade leicht abgestuft werden, je nachdem mit Rücksicht auf die Konstitution und Reaktionsbereitschaft des Patienten anregend oder beruhigend eingewirkt werden soll.

Nach der Mechanik ist es die Optik, die die Medizin am längsten und exaktesten beeinflußt hat. Schon im Mittelalter, gegen Ende des 13. Jahrhunderts, bediente man sich empirisch der Brillengläser. Das Mikroskop war durch Ausprobieren gefunden worden von den niederländischen Optikern Cornelius Drebbel und Zacharias Janssen (1608). Der Bau des Auges war in der Hauptsache schon Aristoteles und den Arabern bekannt, aber selbst Vesal, der berühmte Anatom, kam in der Anatomie des Auges nicht über die Alten hinaus; erst durch Kepler gab es wirklichen Fortschritt sowohl in der Optik als auch in der Physiologie des Auges. Kepler gab als erster eine wissenschaftliche Theorie und geometrische Begründung für die optischen Instrumente und ist auch der Erste, der das Auge wesentlich richtig betrachtete. Er wies

nach, daß das Auge einen optischen Apparat darstellt, der nach den gleichen Gesetzen arbeitet wie die anderen optischen Instrumente. Kepler gab 1602 einen Grundriß der Dioptrik des Auges, er erkannte die Notwendigkeit der Akkomodation, das Wesen der Refraktionsanomalien und die Wirkungsweise der Brillengläser. Er behauptet, daß die von einem Punkt des gesehenen Objektes ausgehenden Strahlen durch die Augenmedien so gebrochen werden, daß sie auf der Retina ein umgekehrtes kleines Bild erzeugen. Nur ist er sich noch nicht im klaren über die Wirkung der Linse beim Zustandekommen der Akkomodation. Christian Scheiner bestätigte und erweiterte Keplers Entdeckungen, indem er die Brechungsverhältnisse der drei brechenden Medien des Auges im Vergleich zu denen von Wasser und Glas bestimmte und das umgekehrte Bild des Objektes auf der Retina eines Ochsenauges und später eines Menschenauges direkt zeigte (1625) und die Akkomodation mit dem Scheinerschen Versuch nachwies. Schon Kepler hatte sich bemüht, die Gesetze der Brechung der Lichtstrahlen zu finden, ohne die die Optik nicht auf exakte wissenschaftliche Grundlage gestellt werden konnte. Aber erst Snellius hatte Erfolg. Seine Brechungsgesetze wurden 1662 veröffentlicht und darauf bauend konnte wissenschaftlich weitergearbeitet werden. Die mathematischen Arbeiten von Gauß über die Dioptrik des Auges und die Experimente Volkmanns wurden später von großer Bedeutung. Darauf fußend konnte Listing weiterforschen. Er schematisierte das Auge und führte Knotenpunkte ein, die von wesentlicher Bedeutung für die dioptrische Untersuchung des Auges wurden. Um die Messung der brechenden Kraft der Augenmedien machten sich noch verdient: Thomas Young 1801, dessen Untersuchung über den Astigmatismus und dessen Theorie über die Farbenempfindung im Auge nicht vergessen werden darf, außerdem Brewster (1819), später Quesnel und Krause. Helmholtz gab die heute anerkannte Erklärung für die Akkomodation und löste damit die Frage, die seit Kepler die größten Physiker beschäftigt hatte. Weiter

brachte Helmholtz Klarheit in die Lehre von den Farbenempfindungen und den subjektiven Lichterscheinungen im Auge. Das wertvollste Vermächtnis, das Helmholtz den Physiologen hinterließ, ist seine „Physiologische Optik", die seine sämtlichen Forschungen auf diesem Gebiet enthält. Das wertvollste Geschenk, das er dem praktischen Arzt gab, ist sein Augenspiegel (1851). Für ihn war es nur eine kleine Perle unter seinen zahlreichen Arbeiten, für die Medizin aber wurde dadurch die Grenze zwischen alter und neuer Ophthalmologie gezogen. Graefe erkannte sogleich den Wert der neuen Erfindung und führte sie in die Praxis ein. Der Augenspiegel brachte neues Licht für die Erkrankungen des Augeninnern, besonders des Augenhintergrundes und auch für die Allgemeinerkrankungen des Körpers. Durch die Erfindung des Augenspiegels war ein optisch-konstruktives Problem eigener Art, nämlich in das Innere von Hohlorganen von außen hineinzusehen, in genialer Weise gelöst. Es war der Anfang zur Endoskopie im allgemeinsten Sinn gemacht. Ruete verbesserte den Augenspiegel durch Anwendung eines in der Mitte durchbohrten Hohlspiegels statt der parallelen Glasplatten Helmholtzs. Dieser Reflektor kann auch gut verwendet werden bei der Belichtung zur Inspektion der Mund-, Nasen- und Rachenhöhle, des äußeren Gehörgangs und des Trommelfells, soweit der geradlinige Verlauf der Lichtstrahlen nicht behindert ist. Zum Sichtbarmachen des Kehlkopfs und bei der Rhinoskopia posterior bedient man sich außerdem noch der durch Planspiegel hervorgerufenen Reflexion des Lichtes. Dadurch gewann man klarere Vorstellungen über die äußerlich wahrnehmbaren krankhaften Veränderungen an den betreffenden Organen. Je enger aber der Kanal ist, der das Hohlorgan mit der Außenwelt verbindet und je gekrümmter er verläuft, desto komplizierter ist die Endoskopie desselben. Zur Betrachtung des Blaseninnern zum Beispiel muß lokale Beleuchtung angewandt werden an einem komplizierten optischen Instrument, dem Cystoskop (Nitze 1879). Weitere Einblicke in die Tiefe des menschlichen Körpers gestattet

das Rektoskop, das Gastro- und Tracheoskop. Vor kurzer Zeit hat der Wiener Ingenieur Back gemeinsam mit Dr. Heilpern und Professor Porges eine Kamera konstruiert, die mit einer elektrischen Lichtquelle versehen als Magenschlauch eingeführt wird. I. Stutzin gelang es, einen Apparat zu konstruieren, mit dem man auch in den verborgensten Körperhöhlen kinematographische Aufnahmen machen kann: Bewegung der Magenwände, Verdauungsvorgänge im Darm können im Film festgehalten werden.

Wenn man sich in zwei Bildern vorstellt, wie Leeuwenhoek in Delft für seine mikroskopischen Forschungen die Linsen mit großer Kunstfertigkeit selbst schleift und andererseits die Wunderwerke der optischen Technik betrachtet, die heute die Medizin aus den optischen Werken bezieht, die, wie zum Beispiel bei den verschiedenen Mikroskopen (für monokulares, binokulares und stereoskopisches Sehen), bis an die Grenze der technischen Leistungsmöglichkeit vervollkommnet sind, so kann dieser Unterschied wohl am besten beweisen, was die Medizin der Physik hier zu danken hat. Es ist unmöglich, die optischen Instrumente für die verschiedensten Zweige der Medizin alle einzeln aufzuzählen; nur sei noch daran erinnert, daß schon Graefe sagen konnte, wenn ihm ein Optiker ein Instrument nur von der Präzision des menschlichen Auges anbieten würde, so würde er dasselbe zurückweisen. Das spricht wohl am besten für die Qualität der Leistungen, die die Medizin von der Optik empfängt.

Für das zweite physikalisch arbeitende Organ des menschlichen Körpers, das Ohr, setzte der Einfluß durch die Physik erst später ein. Chladni und die Gebrüder Weber hatten durch ihre bahnbrechenden Arbeiten die Akustik sehr gefördert. Die gröberen anatomischen Verhältnisse des Ohres waren schon länger beschrieben. 1846 entdeckte Corti das nach ihm benannte Organ, den nervösen Aufnahmeapparat in der Schnecke. Doch wußte man sich die Funktion desselben noch nicht zu erklären. Erst Helmholtz, der Physiker und Arzt, versuchte eine wissenschaftliche Erklärung in seiner berühm-

ten Resonatorentheorie, die heute noch in der Physiologie anerkannt ist. „Die Tatsache, daß man mit Hilfe von Resonatoren auf physikalischem Wege einen Klang analysieren kann, hat Helmholtz 1877 auf den Gedanken gebracht, daß sich auch im Innern des Ohres ein Resonatorensatz befindet, welcher uns dazu befähigt, die Partialtöne eines Klanges herauszuhören" (Höber).

In der praktischen Ohrenheilkunde sind die physikalischen Gehörprüfungen teils mit der Stimmgabel, teils mit der menschlichen Sprache die wichtigsten diagnostischen Hilfsmittel für den Ohrenarzt. Durch Anwendung der Stimmgabelversuche von Weber, Rinné, Schwabach, Gelle, Lucae-Dennert kann der Erfahrene feststellen, ob die Erkrankung im Mittelohr oder im Labyrinth sitzt. Die Erkrankung des äußeren Ohres sieht er mit dem Ohrenspiegel, Störungen des Gleichgewichtssinnes erkennt er vermittels Wärme- und Kälteanwendungen. Man sieht: lauter physikalische Methoden als Hilfsmittel für den praktischen Arzt.

Zu dem Gebiet der Akustik in der Medizin gehört noch ein Zweig der physikalischen Diagnostik: die Auskultation und Perkussion, die allerdings nicht durch Physiker, aber von physikalisch gut beobachtenden Ärzten eingeführt wurden und welche die Diagnostik der Herz- und Lungenkrankheiten in einigen Jahrzehnten mehr förderten als Jahrhunderte vorher. Der Wiener Arzt Auenbrugger veröffentlichte 1761 seine Lehre in der kleinen Schrift: „Inventum novum ex percussione thoracis humani interni pectoris morbos detegendi", die zunächst leider von den Zeitgenossen ignoriert und erst von Corvisart neu entdeckt und verbessert wurde. Laënnec führte 1819 die Auskultation ein, die er teils mit bloßem Ohr, teils mit dem Stethoskop vornahm. Die Perkussion ist für uns heute die Kunst in mehr oder weniger lufthaltigen oder luftarmen Organen durch Beklopfen der darüberliegenden Körperwand gewisse Schallerscheinungen hervorzurufen und zu deuten. Sie gibt Auskunft über die Größe und Dichte der schallgebenden Teile und über deren krankhafte Verände-

rungen. Die Auskultation ist die Methode, Töne und Geräusche aufzunehmen, die der Körper selbst erzeugt, seien es Geräusche durch Reibung der Organe (Pleura, Milz), durch Spannung von Membranen (Arterientöne, Klappentöne), Bewegung von Flüssigkeiten (Venengeräusche) oder von Gasen (Lungenatmung). Ein geübter Arzt nimmt schon feine Differenzen in der Änderung physikalischer Symptome wahr und hat damit wertvolle Hinweise für die Diagnosestellung. Die Auskultation und Perkussion sind die fundamentalsten Methoden der klinischen Untersuchungen geworden und bilden zusammen mit der Inspektion und Palpation den Hauptbestand der physikalischen Diagnostik.

Forscht hier der Arzt mit Hilfe seiner eigenen Sinne nach physikalischen Symptomen, so liefert ihm die Physik noch ungleich feinere Hilfsmittel für die verschiedensten Zwecke durch den elektrischen Strom.

Seitdem Luigi Galvani 1790 Zuckungen der Froschschenkel auf Berührung mit einem aus zwei verschiedenartigen Metallen bestehenden Schließungsbogen beobachtete, interessierten sich immer mehr Physiker und Physiologen für die Beziehungen von Elektrizität und Tierkörper. Einerseits widmeten sie sich der eingehenden Forschung der tierisch-elektrischen Erscheinungen, andererseits derjenigen Erscheinungen, die auftreten, wenn man elektrischen Strom, der außerhalb des Körpers erzeugt wird, durch den Organismus leitet.

Die bioelektrischen Erscheinungen im Körper entstehen dadurch, daß die vorzugsweise tätigen Organe des menschlichen Organismus, Nerven, Muskeln, Drüsen bei ihrer Arbeit außer der mechanischen Bewegung, Wärmebildung, Änderung ihres Chemismus auch eine Änderung ihres elektrischen Potentials aufweisen, das heißt, daß die Oberfläche der tätigen Stelle sich zur ruhenden Stelle elektronegativ verhält. Der Ausgleich dieser Aktionspotentialdifferenz ist durch einen angelegten Schließungsbogen als Aktionsstrom nachweisbar und meßbar. Die Aktionsströme des Herzens gehören zu den am frühesten beobachteten bioelektrischen Erscheinungen. Zum

physikalischen Erfassen und Messen derselben sind aber sehr empfindliche Galvanometer und zur Registrierung des zeitlichen Verlaufs hochempfindliche Rheographen und Oszillographen nötig. Zum Übertragen und Aufzeichnen der Aktionsströme des Herzens eignet sich am besten das besonders zur photographischen Registrierung eingerichtete Saitengalvanometer von Einthofen. Die Elektrokardiographie ist die feinste und exakteste diagnostische Methode bei Erkrankungen des Herzens.

Außer dieser im Körper erzeugten „tierischen Elektrizität" sind der Physiologie die Gewebe des Körpers als Objekte der Durchführung des elektrischen Stromes Gegenstand der Forschung, wobei man besonders den vom elektrischen Strom hervorgerufenen Erregbarkeitsänderungen und der Reizwirkung des faradischen Stromes und der der galvanischen Stromschwankung Aufmerksamkeit schenkte. Welch komplizierte Materie es zu erforschen galt, ersehen wir besonders, wenn wir die Beschaffenheit des tierischen Körpers näher analysieren. Der lebende Organismus enthält nur Leiter zweiter Klasse, nämlich Elektrolyte, welche einerseits feste Nichtleiter, wie Knochen und Knorpeln des Skelettes einschließen und durchtränken, andererseits sind diese Elektrolyte nicht als unvermischte echte Lösungen vorhanden, sondern mit Kolloiden, vorwiegend organischen derart vermischt, daß die „lebende Substanz" als „zweiphasisches Gemisch" zu bezeichnen ist, bestehend aus einer festen und flüssigen Phase.

Um die Schwierigkeit der Materie einigermaßen zu meistern, mußte die Physik erst ihrerseits die Wege ebnen: So bot die Entdeckung des Elektromagnetismus durch Oerstedt 1820 und der elektromagnetischen Induktion durch Faraday 1832 den Physiologen ein exaktes Hilfsmittel zu Reizversuchen in Gestalt der Induktionsströme, durch deren Anwendung zum Beispiel die Gebrüder Weber die Streitfrage nach der Wirkung der Herznerven entscheiden konnten. Die elektrischen Versuche in der Physiologie hatten bald die Auffindung zahlreicher, elektrophysiologischer Gesetze, die Erreg-

barkeit der Muskeln und Nerven betreffend, zur Folge; dabei sind Namen zu nennen wie Ritter, Nobili, Eckard, Pflüger. Die größten Verdienste erwarb sich Du Bois-Reymond, der den Ausbau der Elektrophysiologie zu seiner Lebensaufgabe machte. Durch seine überaus sorgfältigen Forschungen wurde dieselbe erst zu einem Gebiet des exakten Wissens. Er verfeinerte die technischen Untersuchungsmethoden und schloß sorgfältig alle Fehlerquellen aus. Die verbesserte Methodik gestattete bald auch eine wissenschaftliche Ausbildung der Elektrodiagnostik und -therapie, zu welcher besonders Remak bedeutendes beitrug. Er legte seine Erfahrungen nieder in dem Werk: „Über methodische Elektrisierung gelähmter Muskeln" und gab 1858 die Galvanotherapie der Nerven- und Muskelkrankheiten heraus. Duchenne machte in seiner „Physiologie des mouvements" seine lokalisierte Faradisierung für die Erforschung der Funktionen der einzelnen Gesichts- und Skelettmuskeln dienstbar. Der Verlauf der Entartungsreaktion nach Erb ist heute noch wichtig für die Prognose der peripheren Nervenschädigungen. Die Elektrotherapie, deren Erfolge man zur Zeit ihrer ersten Anfänge noch mit dem Schlagwort der Suggestion abtun konnte, gehört heute mit der Elektrodiagnostik zu den physikalisch exaktest fundierten Verfahren.

Besonders günstig erweitert wurde die Elektrotherapie durch Einführung der Diathermie. Die ersten Versuche und Ergebnisse über hochfrequente Ströme brachte Nikola Tesla 1891. D'Arsonval war der erste, der empfahl diese Teslaströme medizinisch zu verwerten. Von Zeynek stellte dann fest, daß Hochfrequenzströme von bestimmter Wellenlänge keine Nerv-Muskelreaktion mehr auslösen, sondern nur eine Wärmeempfindung hervorrufen und wies auf die Bedeutung dieser Tatsache für medizinische Zwecke hin. Diese im menschlichen Körper erzeugte Youlesche Wärme gibt die Möglichkeit in der Tiefe des Körpers gerade da Wärme entstehen zu lassen, wo man sie zu Heilzwecken erwünschte, während die anderen Wärmeapplikationen nur von der Oberfläche her

wirken. Neuerdings beschränkt sich die Anwendung der Diathermie nicht allein auf konservative Behandlung chronisch entzündlicher Vorgänge, sondern der Diathermiestrom findet auch Verwendung zu Kauterisation und Koagulation carzinomatöser Gewebe in der Form der Fulguration.

Den einschneidendsten und weittragendsten Einfluß auf das medizinische Forschen und Handeln gewann die Elektrizität aber erst durch Erfindung der Röntgenstrahlen. Es ist von besonderem Interesse zu verfolgen, wie gerade in der Röntgenologie nur Unheil gestiftet wurde, wenn nicht die Physik die exakten wissenschaftlichen Grundlagen für alles medizinische Handeln lieferte. Die erste Epoche, als noch nicht einmal die Frage nach dem wirksamen Agens entschieden war und in der man mit primitiven Methoden nur empirisch arbeitete, war die Zeit der schweren Röntgenschädigungen. Erst als durch die Arbeiten Kienböcks und Sträters entschieden worden war, daß die X-Strahlen selbst das wirksame Agens waren, was man früher nicht geglaubt hatte, konnte man sich in erster Linie durch die vorher abgelehnte metallische Abdeckung vor ungewünschten Nebenwirkungen schützen. Man konnte auch daran gehen, sich wissenschaftlich mit den X-Strahlen zu beschäftigen. 1902 brachte Holzknecht sein Chromoradiometer, das erste Meßinstrument zur Bestimmung der verabreichten Röntgenstrahlenmenge. Neue technische Hilfsmittel brachten: Benoist durch sein Radiochromometer zur Messung der durchschnittlichen Penetrationskraft der X-Strahlen, Walter, Wehnelt durch ihre Härtemesser, Villard durch seine Regeneriervorrichtung für Röntgenröhren und besonders durch seine Ventilröhre zur Unterdrückung der Schließungsinduktion, Beclère durch das Spintermeter, Holzknecht und Grünfeld durch das erste brauchbare Schutzmaterial. Im Laufe der Jahre folgte eine große Reihe neuer Verbesserungen, von denen besonders die Erfindung der gasfreien Röhren zu erwähnen ist. Aber es ist unmöglich, hier alle einzeln aufzuzählen. Immer wieder mußten für gut gehaltene Apparate neuen Konstruktionen wei-

chen bis auf den heutigen Tag. Den vielen mühevollen Arbeiten um die technische Vollendung der Betriebsmittel durch die Physiker danken es die Ärzte, daß sie ihre Aufmerksamkeit immer mehr der medizinischen und biologischen Seite widmen konnten.

Die Tatsache, daß „die Röntgenstrahlen den Körper durchdringen und dabei entsprechend den Atomgewichten ihrer Bestandteile so verändert werden, daß sie nach Verlassen der Körper über das Vorhandensein und die räumliche Verteilung der gewichtsverschiedenen Bestandteile Auskunft geben können," ist besonders der medizinischen Diagnostik zugute gekommen. Durch die Röntgendurchleuchtung hat die ärztliche Forschung viel plastischere Tiefenvorstellungen vom menschlichen Körper gewonnen. Ob es nun ein Fremdkörper im Schädel, eine krankhaft veränderte Lunge, ein geschwüriger Defekt in der Magenwand, eine Geschwulst im Darm, ein frakturierter Knochen oder ein luxiertes Gelenk ist, überall kann man klarer als früher die krankhafte Veränderung und deutlicher den Erfolg seiner Therapie sehen; auch bei den verschiedenen Differentialdiagnosen mit komplizierten Symptomkomplexen bringt sie oft die schnellste und sicherste Entscheidung, sodaß man nicht mit Unrecht von einer „Autopsia in vivo" gesprochen hat. So wurde die Röntgenologie eine wichtige Hilfsmethode des medizinischen Forschens auf allen Gebieten.

Nicht minder wurde das ärztliche Handeln durch die Röntgenstrahlen beeinflußt. Ja, man kann sagen, daß diese selbst die Forscher fast mit Gewalt auf ihre biologischen Fähigkeiten aufmerksam gemacht haben. Freund in Wien hatte schon im ersten Jahr nach der Entdeckung beobachtet, daß bei Technikern, die viel mit Röntgenstrahlen zu schaffen hatten, Haarausfall und Hautentzündungen eintraten. Ebenso ging es dem Entdecker der Radioaktivität, Becquerel, der diese auf einem Kongreß vorführen wollte und zu diesem Zweck sein Präparat längere Zeit in der Westentasche trug und darnach an der darunter liegenden Körperstelle ein nur lang-

sam heilendes Geschwür bekam. Freund machte auch gleich den Anfang diese neue Energie therapeutisch zu verwenden. Erst im Laufe langer Jahre gewann man eine immer klarere Kenntnis von der Natur der Strahlen und ihrer Wirkung auf die Zellen. Je mehr die Physik die neuen Strahlen erforschte, desto mehr gewann auch die Medizin und je vollkommenere Apparate die Technik lieferte, desto einfacherer und sicherer gestaltete sich die Anwendung der Strahlen. Wie jedes stark wirkende Agens in der Hand eines Unwissenden als Gift wirkt, bei exakter Dosierung aber als Heilmittel, so richten auch die Röntgenstrahlen durch kritiklose Anwendung nur Schaden an und Mißerfolge sind hier besonders folgenschwer für Patient und Arzt.

Die zwei Voraussetzungen, um die Röntgenstrahlen heilbringend zu verwenden, sind die genaue Festlegung und Beherrschung der physikalisch-technischen und biologischen Grundlagen. Nirgends arbeitet Physik und Medizin so enge Hand in Hand, wie auf diesem Gebiet. Rein medizinische Angelegenheit und Vorarbeit ist die Feststellung der Diagnose und der Indikation zur Strahlenbehandlung, weiter eine genaue topographische Kenntnis der Körperregion, in der die Strahlen zur Anwendung kommen sollen. Was die physikalischen Voraussetzungen anbelangt, so ist in erster Linie notwendig die Kenntnis von der Natur der Strahlen; dabei kommen folgende Eigenschaften in Betracht: Da die Röntgenstrahlen und die γ-Strahlen des Radiums im Spektrum der gesamten elektromagnetischen Schwingungen die kleinste Wellenlänge besitzen (Röntgen-Str.: 0,125 μ — 0,5 $\mu\mu$, γ-Str.: 0,5 $\mu\mu$ — 0,05 $\mu\mu$), haben sie demzufolge auch die größte Durchdringungsfähigkeit für feste und flüssige Körper. Innerhalb der Röntgenstrahlen ist nun wieder von Bedeutung die Tatsache, daß weiche Strahlen, das heißt, solche mit größerer Wellenlänge das Gewebe weniger tief durchdringen können als harte Strahlen und folglich schon in den oberen Gewebsschichten absorbiert werden. Andererseits folgt aus der Lichtnatur der Röntgenstrahlen, daß die Strahlenintensität

abnimmt mit dem Quadrat der Entfernung vom Entstehungsort, außerdem gehen noch Strahlen verloren durch Streuung. Es ist nun Aufgabe des Physikers, alle diese Besonderheiten bei Anwendung der Strahlen genau zu berücksichtigen, um die erwünschte Wirkung ohne Schaden zu erzielen. Ebenso wichtig wie die Beobachtung physikalischer Faktoren ist der Einblick in die Wirkungsweise der Strahlen auf die Zelle. Die Schwierigkeit der Lösung dieser Frage liegt in der Eigenart des Forschungsobjektes, in der Mikrostruktur der Zellen und in dem Rätsel ihrer Lebensvorgänge. Der Forscher muß sich begnügen, den Effekt der Bestrahlung bei den einzelnen Gewebsarten histologisch zu verfolgen, um so auch die Strahlenempfindlichkeit der einzelnen normalen und pathologischen Zellformen kennen zu lernen. Die Erklärung der Vorgänge ist meist noch hypothetisch, doch sind einige Ansichten schon nahezu gesichert. So kommt Voltz zu dem Ergebnis, „daß die γ-Strahlenwirkung nicht durch die einfallende Strahlung, sondern auf dem Umweg über die durch sie hervorgerufene sekundäre Strahlung der getroffenen Atome verursacht wird. Die sekundäre Strahlung zerfällt wieder in eine fluoreszierende, welche für die biologische Wirkung nicht in Betracht kommt und in eine korpuskuläre, sekundäre β-Strahlung, in welcher die eigentliche auslösende Ursache zu erblicken ist.“ Nach Dessauer beruht der therapeutische Effekt der Röntgenstrahlen zu einem wesentlichen Teil auf Wärmewirkung, der „Punktwärme“, erzeugt durch die Vereinigung der durch die Röntgenbestrahlung freigewordenen Ionen und Elektronen mit anderen Atomen, Molekülen oder Molekülkomplexen, wodurch eine starke Temperaturerhöhung in allerkleinsten Gebieten des Gewebes erzeugt wird.

Die biologisch wichtigste Frage ist nun die, in welchem Teil der Zelle die Veränderung hervorgerufen wird. Dafür hat das Gesetz von Bergonnié und Tribondeau Gültigkeit, nach dem sich die Röntgenempfindlichkeit der Zellen im allgemeinen nach dem Grad ihrer jeweiligen biologischen Labilität richtet. Das will sagen: In je lebhafterem strukturellem

Umbau sich die Zelle gerade befindet, um so röntgenempfindlicher ist sie; während eine Zelle im Ruhezustande, die gering durchblutet wird und demzufolge einen verminderten Stoffwechsel hat, größere Röntgenresistenz aufweist. Zum Beispiel ist sehr empfindlich eine Drüsenzelle während ihrer Funktion und da hierbei das Plasma gerade eine Veränderung durchmacht, so ist dieses der mehr geschädigte Teil und andererseits wird jede Zelle, die sich in Teilung befindet, durch Röntgenstrahlen schwer geschädigt; und zwar ist es hier der Kern, der am schwersten betroffen wird, weil ja er gerade im Umbau begriffen ist, sich also im labilsten Zustand befindet und zwar ist er das im höchsten Grad bei Bildung der Äquatorialplatte. Die Tatsache, daß der Kern dabei so schwer geschädigt werden kann, daß der Zelltod die Folge sein kann, ist von größter Wichtigkeit für die Strahlentherapie geworden. Da bei den Tumoren stets zahlreiche Mitosen anzutreffen sind, bieten sie die besten Angriffspunkte für die Strahlen und weil die Tumorzellen im allgemeinen strahlenempfindlicher sind als normale Zellen ihrer Umgebung, gelingt es auch leichter, die Tumorzellen zu zerstören ohne Schädigung des gesunden Nachbargewebes.

Die möglichst vollkommene Erreichung dieses Zieles erleichterte die Aufstellung einer Empfindlichkeitsskala der einzelnen normalen und pathologischen Gewebe von Wintz und Seitz, die auch von anderen Autoren nachgeprüft und bestätigt worden ist. Ebenso nötig, wenn nicht noch notwendiger, sind außerdem bewährte Vorschriften für die Strahlenanwendung, in denen durch genau ausgerechnete Dosierungstabellen, die alle in Betracht kommenden Momente berücksichtigen, dem einzelnen Praktiker Richtungspunkte gegeben werden, um einem bestimmten Gewebe für einen bestimmten Zweck die richtige Strahlenmenge zu applizieren (siehe Dosierungstabellen von Voltz!).

Wie ungeheuer wichtig eine mathematisch genaue Dosierung ist, kommt im Vorwort zum Ausdruck, das Döderlein, der Propagator der Strahlentherapie, dem Buch von Voltz

(„Strahlenbehandlung der weiblichen Genitalcarcinome, Methoden und Ergebnisse") zum Geleite gegeben hat. Nach Voltz ist „die Strahlenbehandlung der Carcinome in der Hauptsache ein Dosierungsproblem" (und damit ein physikalisches Problem): „Dosieren ist notwendig für jede Art der Anwendung der Röntgenstrahlen, exakt dosieren ist aber die unbedingte Voraussetzung für Tiefenbestrahlungen mit Röntgenstrahlen, vor allem für die Strahlenbehandlung der Carcinome." Wenn Stimmen laut werden von einem Versagen der Strahlenbehandlung, so erwidert Voltz: „Die Gründe hierfür liegen aber nicht in einem Versagen der Strahlenbehandlung, sondern in der Hauptsache in der Verkennung der Methoden und der Technik der Strahlenbehandlung." Voltz gibt „als Kernpunkt des ganzen Strahlungsproblemes an: a) Leistungsfähige Apparaturen für die Erzeugung der Röntgenstrahlen, b) genügende Menge von radioaktiver Substanz, c) eine subtil erprobte Bestrahlungstechnik."

Sucht sich die Strahlentherapie an sich zu vervollkommnen, so beschränkt sie sich doch nicht in exklusiver Weise auf ihre eigenen Mittel allein, sondern zieht alle anderen physikalischen und chemischen Hilfsmethoden zur Unterstützung heran, um die Strahlenempfindlichkeit des Carcinomgewebes möglichst zu steigern, das heißt, die Carcinome zu sensibilisieren. Interessant ist der entwicklungsgeschichtliche Überblick über diese Methode. Nach Voltz unterscheidet man dabei drei Etappen: „1. Entwicklungsstufe 1913 — 1918. Ausschließliche Behandlung der Carcinome mit radioaktiven Substanzen, Radium und Mesothorium. Nur in ganz wenigen Ausnahmefällen wurde neben der Radiumbehandlung auch noch eine Röntgenstrahlenbehandlung durchgeführt. Zur Anwendung kamen intratumorale und perkutane Bestrahlungsmethoden. Die Filtertechnik und die Distanzierungsmethoden wurden entwickelt. 2. Entwicklungstufe 1918 — 1922. Kombinierte Behandlung mit radioaktiven Substanzen und Röntgenstrahlen in allen Fällen. Die Röntgenstrahlenbehandlung wurde nach der Erlanger Vielfeldermethode durchgeführt,

leistungsfähige Röntgenapparate standen zur Verfügung infolge der technischen Entwicklung der Röntgenapparate. 3. Entwicklungsstufe seit 1923. Kombinierte Behandlung mit radioaktiven Substanzen und Röntgenstrahlen in allen Fällen. Die Röntgenstrahlenbehandlung wird nach dem Prinzip der Großfeldtechnik unter Anwendung von Gleichspannungsapparaten durchgeführt. Gleichzeitig mit der Änderung der rung der Carcinome aufgenommen. Diese Versuche zur Sensibilisierung, die heute ein wesentliches Moment in unserem Behandlungsplan der Carcinome bilden, lassen sich folgendermaßen einteilen: Seit 1923: zum Teil Vorbehandlung mit der Fulgurationsmethode (Elektrokoagulation). Seit 1923 Hypophysenvorbestrahlung in allen Fällen. Seit 1926: zum Teil Vorbehandlung mit Verkupferungsmethode (Kataphorese). Seit 1927 Sensibilisierung mit Dextrocid in allen Fällen."

Durch die große Variationsmöglichkeit hat die Strahlenanwendung, außer in der Gynäkologie, in alle Gebiete der Medizin Eingang gefunden. In der Deutschen Medizinischen Wochenschrift 1931 Nr. 2 berichtet Hohlfelder: „Letzthin konnte ich sogar vor der Niedersächsischen Röntgengesellschaft eine Reihe von erfolgreich behandelten, histologisch sichergestellten, inoperablen Magenkrebsen demonstrieren. Damit ist die letzte, anscheinend unbeeinflußbare Krebsform der Röntgenbehandlung zugänglich gemacht worden." Welch weitere, über den Einzelfall hinausgehende Erfolge die Medizin der Strahlentherapie verdankt, schildert Hohlfelder wie folgt: „Heute läßt sich durch Fortschritte der pathologischen Anatomie, der operativen Chirurgie und anderer diagnostischer Methoden und nicht zuletzt durch systematische Entwicklung der Röntgendiagnostik die Krebsdiagnose in weit früherem Stadium sicherstellen. Trotz aller diagnostischen Fortschritte wird aber bei der Mehrzahl der Krebskranken die Diagnose nicht so früh gestellt, daß durch operative Entfernung des Krebses wirklich Dauerheilung erzielt wird. Diese Kranken mußte der gewissenhafte Arzt bisher als verloren betrachten und mußte deshalb den Angehörigen gegen-

über zugleich mit der Feststellung der Unheilbarkeit des Leidens jenes Eingeständnis der Ohnmacht der Schulmedizin dieser Krankheit gegenüber eröffnen, das weite Kreise der Bevölkerung immer wieder in die Arme von gewissenlosen Kurpfuschern treibt. So ist die Vertrauenskrise in der Medizin letzten Endes darauf zurückzuführen, daß auf großen Gebieten und besonders auf dem Gebiet der bösartigen Geschwülste die Entwicklung der Therapie nicht mit den Fortschritten der Diagnostik Schritt gehalten hat. Aber die Röntgentherapie hat gerade in dem letzten Jahrzehnt einen guten Teil dieses diagnostischen Vorsprunges wieder eingeholt. Dadurch wird der Mediziner auf weiten Gebieten ärztlicher Tätigkeit wieder zu hoffnungsfrohem, echt ärztlichem Handeln und Helfen befähigt und die Schulmedizin gewinnt hier die Möglichkeit, sich das verloren gegangene Vertrauen des Volkes auf weiter Basis wieder zurückzuerobern."

Daß die Strahlentherapie eine starke Verbündete der Medizin im Kampfe gegen den Krebs ist, beweist die Tatsache, daß sich in der Hygieneabteilung des Völkerbundes von der Krebskommission anfangs 1928 eine eigene „Radiologische Kommission" abspaltete, weil eben die Mitglieder der Krebskommission, nach Mitteilung von Voltz, der Auffassung waren und sind, daß der Strahlenbehandlung der Carcinome die Zukunft gehört. Wenn Döderlein auf einer gynäkologischen Tagung zugunsten der Strahlenbehandlung sagen konnte: „Die Operation des Uteruscarcinoms ist nicht mehr zeitgemäß", so gibt Voltz folgende Erklärung dafür: „Der Grund ist einzig und allein darin zu suchen, daß Erfolge mit der Strahlentherapie eben nur dann möglich sind, wenn alle notwendigen Hilfsmittel und Apparate in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen, wenn die entsprechenden Spezialisten zusammenarbeiten, wenn der vollständig auf medizinische Probleme eingestellte Physiker und der auf physikalische Probleme eingestellte Kliniker Hand in Hand die Methoden entwickeln und anwenden."

Diese Worte gelten nicht nur für das eine Gebiet. Nur

durch ihre Anwendung auf allen anderen Zweige, in denen die Physik die Medizin beeinflußt, sind weitere Fortschritte zu erwarten. Die Naturwissenschaft muß die verlässige Führerin sein, zwar nicht in dem Sinne, daß die naturwissenschaftliche Richtung den breitesten Raum in der Medizin einnehmen solle. Das ist eine große Gefahr, der die Medizin auch teilweise unterlegen ist und deren schlimme Folgen besonders Erwin Liek deutlich hervorgehoben hat und die nach seiner Ansicht darin besteht, daß durch das Anwachsen der Laboratoriumsmethoden die Erfahrung am Krankenbett zurückgedrängt wurde, ganz besonders durch die Röntgenmethode die Feinheit der Diagnosestellung, welche die früheren Ärzte vor Einführung der Röntgendiagnostik besaßen, abhanden gekommen ist oder von vielen gar nicht mehr erworben wurde, daß durch Pflege grob mechanischer und materialistischer Auffassung des Gesunden und Kranken eine Verflachung des ärztlichen Denkens eingetreten ist, daß durch Vernachlässigung, wenn nicht Verachtung seelischer Vorgänge Vertrauen, Hoffnung, Freude, andere mächtige Anreger des Lebens und der Gesundung außer Acht gelassen wurden. An anderer Stelle faßt Liek folgendermaßen zusammen: „Das ärztliche Künstlertum ist Menschenkenntnis, Menschenbeurteilung, unbefangenes naturgebundenes Einfühlen in den Kranken und seine Umgebung, Brückenschlagen von Seele zu Seele." „Die wissenschaftliche Medizin ist ohne Metaphysik möglich, vielleicht sogar besser daran, nicht gestört in ihren Forschungsmethoden. Die praktische Heilkunst ist aber ohne das Irrationale nicht denkbar und nicht möglich. Vor uns steht also die Riesenaufgabe der Synthese, wissenschaftlich zu bleiben und doch das Transzendentale zu berücksichtigen."

Die Wichtigkeit, aber auch die Schranken des Einflusses naturwissenschaftlichen Forschens auf das medizinische Forschen und Handeln bezeichnete am besten Sauerbruch in seiner Abschiedsrede an die Münchner Medizinstudierenden mit den Worten: „Die Medizin braucht die Naturwissenschaften,

um selbst keine Naturwissenschaft zu werden!“ Durch ihre Hilfe ist es uns möglich unsern Sinn und unsere Kräfte frei zu haben und zwar in ungleich verfeinertem und erhöhtem Maße für unsere eigentlichste Aufgabe:

den kranken Menschen zu heilen.

Zum Schlusse obliegt mir noch die angenehme Pflicht, Herrn Geheimen Rat Professor Dr. Döderlein und Herrn Professor Dr. Voltz für die gütige Überlassung des Themas ergebenst zu danken.

Lebenslauf.

Am 23. Februar 1903 wurde ich in Kitzingen als Tochter des Obersteuerinspektors Ludwig Schiffmann und seiner Ehegattin Rosa, geb. Henke, geboren. Am 9. April 1924 erhielt ich am Humanistischen Mädchengymnasium der Armen Schulschwestern am Anger in München das Reifezeugnis. Darauf studierte ich zehn Semester Medizin an der Universität München, vom 28. April 1924 bis 23. Februar 1929. Die ärztliche Vorprüfung legte ich ab im Juli 1926; die ärztliche Prüfung bestand ich am 8. Juni 1929 in München. Während des praktischen Jahres war ich an der medizinischen Abteilung des Krankenhauses rechts der Isar. Seit 1. Juli 1930 bin ich als Ärztin approbiert.